

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh vnitřních částí reproduktoru

Design of Internal Parts of Speaker

Student:

Bc. Jaroslav Plaček

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Kolesár

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jaroslav Plaček**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství**
Specializace: **20 Výrobní stroje a zařízení**
Téma: **Konstrukční návrh vnitřních částí reproduktoru**
Design of Internal Parts of Speaker
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Navrhněte konstrukční řešení sestavy hlavního nosného dílu kabinetu reproduktoru a k němu souvisejících dílů. Proveďte rešerši možností řešení dílu kabinetu na základě aktuálních technologických možností, to zejména z hlediska použitého materiálu, tvarových a povrchových úprav. Rozpracujte navržené řešení, doplňte příslušné výpočty a výkresovou dokumentaci.

Parametry zadání

Typ a parametry reproduktoru: vycházet z existujícího modelu BeoLab3500 B&O

Maximální hmotnost: 7 kg

Orientační rozměry: délka 100 cm, šířka: 12,5 cm, výška: 13 cm

Požadavky na vzhled: hladký lesk

Seznam doporučené odborné literatury:

KUBA, F.: Pružnost a pevnost, Vysoká škola báňská Ostrava, Ediční středisko VŠB, Ostrava 1990.

HUBKA, V. Konstrukční nauka, Heurista, Zürich, 1995. 118 s. ISBN 80-90-1135-0-8.

HORYL, Petr. Statika a dynamika. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1996, 218 s. ISBN 80-7078-971-9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Kolesár, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 16. 5. 2016

A handwritten signature in blue ink, reading "František Jaroslav". The signature is written in a cursive style with a large, stylized 'F' and 'J'.

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16. 5. 2016



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jaroslav Plaček

Adresa trvalého pobytu autora práce:

742 21, Kopřivnice, Osvoboditelů 1215

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Michalovi Kolesárovi za cenné rady, připomínky, metodické vedení, ochotu a vstřícný přístup během zpracování této práce.

Velké poděkování též náleží celé mé rodině, spolupracovníkům a známým za podporu, trpělivost a povzbuzování po dobu mého studia.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PLAČEK, Jaroslav. *Konstrukční návrh vnitřních částí reproduktoru: diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování - 340, 2016, 66s. Vedoucí práce: Ing. Michal Kolesár

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem vnitřních částí reproduktoru. Práce obsahuje řešení zadané problematiky, dále na základě zadaných parametrů, specifikaci požadavku na zařízení, zpracování funkční struktury a vypracování morfologické matice byly vybrány dva koncepty, z nichž jeden byl rozpracován do úplné stavební struktury. Byly zpracovány jednotlivé komponenty s detailním popisem, výpočtovou a výkresovou dokumentací. V práci je použita modální a frekvenční analýza kabinetu v softwaru Creo Parametric 2.0.

Klíčová slova: Kabinet, Hliník, Reproductor

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

PLAČEK, Jaroslav. *Design of Internal Parts of Speaker*, Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of production machines and design - 340, 2016, 66p. Thesis head: Ing. Michal Kolesár

The diploma thesis describes construction of the loudspeaker internal parts. Literature research of given area according to specified parameters and device requirement specification is described in the thesis. Two final concepts were chosen for detail description of functional structure, requirement specifications and morphology matrix processing. One of them was elaborated to full construction structure. Individual components were described with detail calculations and drawing documentation. The modal and frequency analysis of the cabinet was made in Creo Parametric 2.0.

Key words: Cabinet, Aluminium, Loudspeaker

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK	11
ÚVOD.....	12
ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU	12
1 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	13
1.1 REPRODUKTOROVÁ SOUSTAVA	13
1.2 OZVUČNICE (KABINET)	14
1.3 MATERIÁLY POUŽITÉ PRO VÝROBU KABINETŮ	15
HLINÍK	15
PŘEKLIŽKA	16
M.D.F	16
BETON	17
KÁMEN	17
PLASTY	17
1.4 PŘEHLED KABINETU VYROBENÉHO FORMOU ODLÉVÁNÍ.....	18
<i>BeoLab 3</i>	18
1.5 PŘEHLED KABINETŮ VYROBENÝCH Z EXTRUDOVANÉHO PROFILU	19
<i>BeoLab 17</i>	19
2 REPRODUKTOROVÁ SOUSTAVA BEOSOUND 35.....	21
3 SEZNAM POŽADAVKŮ.....	22
3.1 MODEL TRANSFORMAČNÍHO PROCESU	22
3.2 POŽADAVKY	22
<i>Požadavky na nosný díl kabinet</i>	22
3.3 POŽADAVKOVÝ LIST	23
3.4 KRITÉRIA PRO VÝBĚR KONKRÉTNÍHO ŘEŠENÍ	24
3.5 FUNKCE TECHNICKÉHO SYSTÉMU	24
<i>Seznam funkcí kabinetu:</i>	24
3.6 TRANSFORMAČNÍ PROCES	24
<i>Černá skříňka</i>	24
4 ORGÁNOVÁ STRUKTURA.....	25
4.1 MORFOLOGICKÁ MATICE KABINETU	25
4.2 VYBRANÉ VARIANTY KABINETU	26

4.3	ZHODNOCENÍ VYBRANÝCH METOD	26
5	HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA	28
5.1	KABINET	28
	<i>Schematické znázornění řešení metody A</i>	<i>28</i>
	<i>Schematické znázornění řešení metody B</i>	<i>29</i>
6	VÝPOČET MODÁLNÍ A FREKVENČNÍ ANALÝZY OLÉVANÉHO KABINETU	30
6.1	VSTUPNÍ POŽADAVKY	30
6.2	MODÁLNÍ ANALÝZA.....	30
6.3	OKRAJOVÉ PODMÍNKY	31
6.4	MATERIÁL	32
	<i>Značení stavu tepelného zpracování hliníku a jeho slitin [7].....</i>	<i>32</i>
6.5	Síť	33
7	VÝSLEDKY MODÁLNÍ ANALÝZY.....	34
7.1	VLASTNÍ REZONAČNÍ FREKVENCE PŮVODNÍHO REPRODUKTORU BL3500.....	34
	<i>Tvar vibračních módů BL3500 - frekvence 164 Hz</i>	<i>34</i>
	<i>Tvar vibračních módů BL3500 - frekvence 484 Hz</i>	<i>35</i>
	<i>Tvar vibračních módů BL3500 - frekvence 630 Hz</i>	<i>35</i>
	<i>Tvar vibračních módů BL3500 - frekvence 870 Hz</i>	<i>36</i>
7.2	VLASTNÍ REZONAČNÍ FREKVENCE ODLITKU BEO SOUND 35	37
	<i>Tvar vibračních módů odlitku - frekvence 268 Hz.....</i>	<i>37</i>
	<i>Tvar vibračních módů odlitku.....</i>	<i>38</i>
	<i>Tvar vibračních módů odlitku.....</i>	<i>38</i>
	<i>Tvar vibračních módů odlitku.....</i>	<i>39</i>
7.3	VLASTNÍ REZONAČNÍ FREKVENCE EXTRUDOVANÉHO PROFILU	40
	<i>Tvar vibračních módů extrudovaného profilu</i>	<i>40</i>
	<i>Tvar vibračních módů extrudovaného profilu</i>	<i>41</i>
	<i>Tvar vibračních módů extrudovaného profilu</i>	<i>41</i>
	<i>Tvar vibračních módů extrudovaného profilu</i>	<i>42</i>
7.4	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ VIBRAČNÍCH MÓDŮ	42
8	VÝPOČET FREKVENČNÍ ANALÝZY	43
8.1	VÝSLEDEK FREKVENČNÍ ANALÝZY	44

9	VYZTUŽENÍ KABINETU NA ZÁKLADĚ VÝSLEDKŮ.....	45
9.1	VÝPOČET VARIANTY EXTRUDOVANÉHO PROFILU S VYZTUŽENÍM	45
	<i>Tvar vibračních módů extrudovaného profilu</i>	<i>46</i>
	<i>Tvar vibračních módů extrudovaného profilu</i>	<i>46</i>
	<i>Tvar vibračních módů extrudovaného profilu</i>	<i>47</i>
	<i>Tvar vibračních módů extrudovaného profilu</i>	<i>47</i>
10	POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ.....	48
11	POSTUP VÝROBY KABINETU	49
	<i>Přehled.....</i>	<i>49</i>
11.1	EXTRUDOVANÝ PROFIL	49
11.2	TVAROVÁNÍ	49
11.3	KALIBRACE.....	50
11.4	OSTŘIH A FRÉZOVÁNÍ.....	50
12	POPIS MONTÁŽE LEPENÍ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ DO KABINETU ...	51
12.1	ŠROUBOVÁNÍ STRUKTUROVANÉHO DÍLU A VÍČKA	51
12.2	LEPENÍ VÍČEK A KONEKTOR PANELU.	53
12.3	LEPENÍ VNITŘNÍHO PLASTOVÉHO ŠASI	54
12.4	LEPENÍ PLASTOVÝCH DRŽÁKŮ	55
12.5	FIXACE.....	55
12.6	VYTVRZOVÁNÍ LEPIDLA.....	56
13	ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA SESTAVY KABINETU	57
13.1	POPIS JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ	57
	<i>Kabinet.....</i>	<i>57</i>
	<i>Vnitřní plastové šasi.....</i>	<i>58</i>
	<i>Strukturální díl.....</i>	<i>58</i>
	<i>Víčko</i>	<i>59</i>
	<i>Plastový držák.....</i>	<i>59</i>
	<i>Šroub.....</i>	<i>59</i>
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM LITERATURY.....	61
	<i>Knihy, časopisy a jiné.....</i>	<i>61</i>

<i>Internetové zdroje</i>	<i>62</i>
SEZNAM OBRÁZKŮ	63
SEZNAM TABULEK.....	65
SEZNAM PŘÍLOH.....	66

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

Symbol	Význam	Jednotka
E	Modul pružnosti v tahu	[Pa]
R _e	Mez kluzu	[MPa]
R _m	Mez pevnosti	[MPa]
f	Frekvence	[Hz]
m	Hmotnost reproduktoru	[kg]
l	Délka reproduktoru	[cm]
p	Tlak	[Pa]
š	Šířka reproduktoru	[cm]
u	Útlum materiálu	[%]
v	Výška reproduktoru	[cm]
ρ _{Al}	Hustota hliníku	[kg/m ³]

ÚVOD

Hlavním cílem diplomové práce bylo zpracování konstrukčního návrhu nosných a vnitřních částí reproduktoru s ohledem na design a bezpečnost. Byl zohledněn výběr materiálů, design a požadavky definované v zadání. V návaznosti na výpočty a softwarové simulace bylo navrženo řešení, z hlediska pevnostního a designového provedení.

Úkolem bylo zpracovat co možná nejjednodušší a nejlevnější řešení konstrukčního návrhu. Zajistit produktivní výrobu, jedinečný vzhled, lesklý povrch materiálu a ekonomickou konkurenceschopnost.

Parametry využití k vývoji kabinetu a vnitřních částí reproduktoru vychází již z ověřených řešení reproduktorů na trhu. Ve spolupráci se společností Bang & Olufsen bylo najít nové modernější řešení reproduktoru. Společnost Bang & Olufsen se zabývá vývojem, výrobou a prodejem video a audio elektroniky. Výsledky této práce mohou být pro výrobce této techniky užitečné z hlediska nových nápadů a metodických postupů.

V práci byla důsledně uplatněna metodika dle skript Konstrukční nauka. [I]

ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

Kvůli stále vzrůstajícím nárokům na elektroniku, a co nejlepší kvalitu zvuku a dílenské zpracování, by mělo dojít k renovaci reproduktoru BeoLab3500 a zavedení nových technologií stejně jako zatraktivnění vzhledu. Navržený reproduktor by měl mít své specifické požadavky a sloužit jako reproduktor s velkou variabilitou umístění.

Cíle diplomové práce:

- Zpracování možnosti řešení kabinetu na základě technologických možností.
- Zpracování konstrukčního návrhu kabinetu dle zadaných parametrů.
- Zpracování konstrukčního návrhu vnitřních dílů dle zadaných parametrů.
- Vypracovat technologický postup montáže jednotlivých částí do kabinetu.
- Vypracování výkresové dokumentace.

1 LITERÁRNÍ REŠERŠE

1.1 Reproduktorová soustava

Reproduktorová soustava je označována jako skupina reproduktorů, obvykle umístěná do jediné skříně, zvané ozvučnice. Jako reproduktorová soustava je označována i ozvučovací jednotka, přestože může obsahovat jen jeden reproduktor umístěný v ozvučnici a druhý může být umístěn se svým vlastním zvukovodem mimo ozvučnici. Ozvučnice jsou zpravidla vyráběny ze dřeva, či jiného materiálu. Soustavy jsou osazeny reproduktory, které obsahují tlumicí materiál, připojovací svorky a kabeláž. Celek je nastaven tak, aby pokryl pokud možno lidským uchem slyšitelné spektrum. [1]

Reproduktorovou soustavu tvoří ozvučnice jinak také nazývána jako kabinet. Dále elektroakustické měniče, výhybky, vodiče, svorky a další konstrukční části. V kabinetu jsou mechanicky upevněny měniče a to tak, aby byla jejich nepohyblivá část v přesně definované poloze. Mezi další vlastnosti kabinetu bezpochyby patří oddělení vnitřní akustické vlny, která je pohlcována stěnami kabinetu od vnější akustické vlny. Elektroakustické měniče jinak nazývané reproduktory, jsou podle kmitočtového pásma označovány jako basové, středové a výškové. Elektronické filtry neboli výhybky slouží k zajištění rozdělení elektrického signálu na kmitočtová pásma, která jsou určena pro konkrétní měniče reproduktorové soustavy. Jestliže by do měničů přicházel celý frekvenční rozsah signálu, kmitočtová část signálu, pro kterou není měnič určen, by nebyla korektně reprodukována a mohla by měnič poškodit. [II]



Obrázek 1 – Beolab3500 [2]

1.2 Ozvučnice (kabinet)

Kabinety jsou obvykle vyrobeny z materiálů na bázi dřeva - dřevovláknových desek, překližky či vrstvených materiálů podobného druhu. V různých případech se používá i jiný materiál - plasty, tvrzený papír, hliník a podobně. [II]

Hlavní její funkcí je oddělení přední a zadní akustické vlny. Vedlejší funkcí je pak mechanické upevnění samotných reproduktorů. [II]

Membrána reproduktoru přeměňuje energii z elektrické na akustickou. Má dvě strany – přední a zadní. Přední je upevněna směrem ven do okolí z kabinetu, kdežto zadní strana dovnitř kabinetu. Obě strany produkují zvukovou vlnu, která se liší jen opačnou fází. Pokud by se tyto vlny v prostoru setkaly, vzájemně se sčítají a tím se vyruší. Tento jev je označován jako akustický zkrat. Hlavním úkolem kabinetu je tedy vyloučení vzájemné interakce obou vln. [II]

Hlavními parametry pro materiály používané při výrobě kabinetů je tuhost, hustota, odolnost proti vibracím a vlastní útlum. [II]

Při vlastní výrobě kabinetu potřebujeme dosáhnout parametrů modulu pružnosti v tahu a vnitřního tření co nejvyšší. Jelikož u všech materiálů nebývá vnitřní tření udáváno a je složité jej získat. [II]

Při volbě materiálu je ale také třeba počítat s dalšími parametry jako jsou opracovatelnost do potřebného tvaru, možnost spojování, povrchová úprava, apod. Tuhé a robustní konstrukce bývají velkou výhodou a vždy by měly být kabinety takto navrhovány. Je třeba ovšem uvážit hmotnost kabinetu s ohledem na dopravu, manipulaci, výrobu a v neposlední řadě bezpečnost. [II]

1.3 Materiály použité pro výrobu kabinetů

Hliník

Je to kov, který se vyznačuje nízkou hustotou přibližně 2700kg.m^{-3} , což je jeho velká přednost. Zhruba třetinová v porovnání s ocelí. Z hlediska nízké tuhosti jej používáme většinou ve slitinách s jinými kovy. Příkladem může být dural. Rozmezí dosahovaných pevností v tahu u slitin bývá od 70 do 700Mpa a modul pružnosti v tahu 68,6GPa. [III]

Hliník používají například společnosti Bang & Olufsen, obr.2 [2]. Dále pak společnost Celestion, obr. 5 [3], která pro vymezení vibrací požívala materiál zvaný Aeroweb. Jsou to hliníkové desky, které mají strukturu podobnou včelím pláství a ty mají vysokou pevnost při nízké hustotě materiálu, pohybuje se okolo 83kg.m^{-3} . Dalším představitelem je společnost Marten obr.4. [4]



*Obrázek 2 – Reproduktor
Bang & Olufsen [2]*



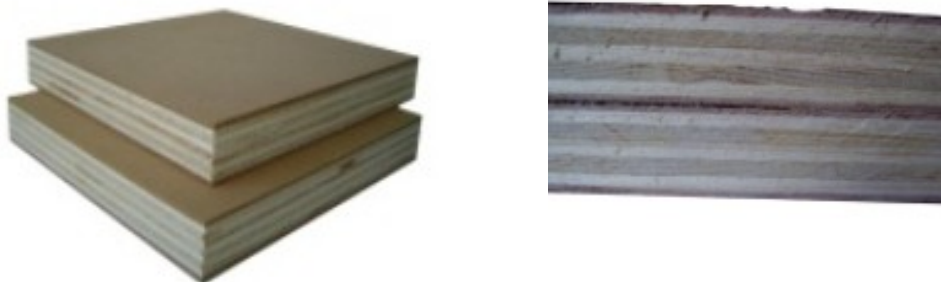
*Obrázek 3 – Reproduktor
Celestion [3]*



*Obrázek 4 – Reproduktor
Marten[4]*

Překližka

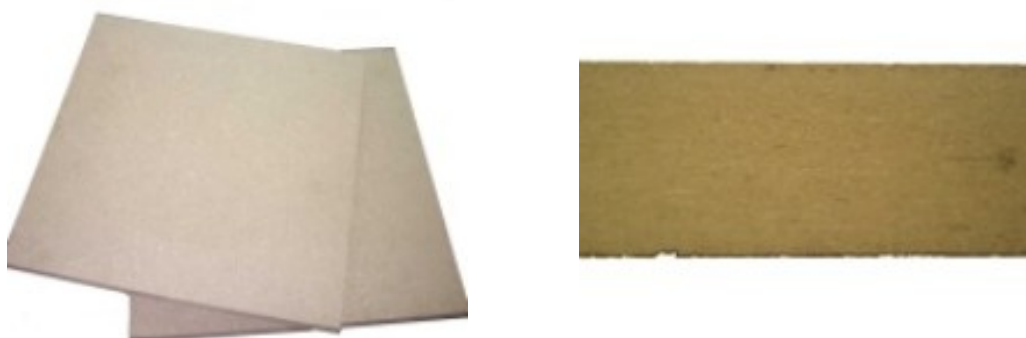
Vlastnosti překližky závisí na použitém dřevě, počtu a tloušťce jednotlivých dýh. Obecně označována jako pevný a tuhý materiál, který vznikne slepením loupaných dýh s vzájemně kolmo orientovanými léty. Nevýhodou je možnost vzniku dutin mezi jednotlivými vrstvami. [5]



Obrázek 2 - Překližka [5]

M.D.F

V dnešní době jeden z nejpoužívanějších materiálů. Vyrábí se z dřevěných vláken a jemných pilin lepením za tepla pod vysokým tlakem. Má dobrou tuhost, pevnost a velké tlumení. Dobře se opracovává, jelikož je vyroben z jemných částecek. Není problém s povrchovou úpravou. [5]



Obrázek 3 – M.D.F [5]

Beton

Velmi těžký a tuhý materiál. Jeho využití pro výrobu ozvučnic je technologicky komplikované. Je odolný proti vibracím. K nevýhodám patří velká hmotnost, proto se s tímto materiálem při výrobě ozvučnic setkáme jen velice výjimečně. Můžeme se s ním setkat u českého výrobce reproduktorových soustav ArmageTone. [6]



Obrázek 4 – Armage Tone Concrete Sound B113 [6]

Kámen

Velmi tuhý materiál, ale pro ozvučnice nepříliš dobré tlumící vlastnosti, může dojít k tzv. zvonění ozvučnice. Výhodnější jsou proto kameny tzv. umělé, které jsou vytvořené z kamenné drti vyplněné speciálními syntetickými nebo cementovými pojivy, které mají lepší vlastnosti tlumení. [IV]

Plasty

Materiál, který je svými vlastnostmi velmi různorodý. Většinou se využívá termoplastů, které se zpracovávají tlakovým vstřikováním do forem. Lze je tedy vyrábět i ve velkých sériích. Mezi hlavní představitele patří ABS, Polystyrén, Marlan. [IV]



Obrázek 5 – Reprodukční Bang & Olufsen, BeoPlay A9 [2]

1.4 Kabinet vyrobený formou odlévání

Představitel reproduktorové soustavy ve společnosti Bang & Olufsen a jeho provedení kabinetu vyrobeného z hliníku technologií odlévání ve formě. Následně je tento kabinet opracován technologií frézování. Jelikož odlévání nedosáhneme požadovaného lesklého vzhledu hliníku je potřeba takto vyrobený kabinet povrchově upravit a dále barvit. Kabinet koresponduje s designem celého reproduktoru a je vždy navržen jen pro jeden typ reproduktoru. Je zde kladen důraz na design, materiály, funkčnost a bezpečnost.

BeoLab 3

Velikostně malý reproduktor o rozměrech 16cm x 13,5cm x 22cm a hmotnosti jen 2,55kg. Ovšem vzhledem ke svému tvaru a díky dvěma vestavěným zesilovačům mají tyto reproduktory skutečnou razanci. Kabinet je vyroben z odlévaného hliníku horní a dolní část zvlášť, následně je sešroubovaná do jednoho celku. V místnosti je můžeme umístit na stojanu případně nástěnném držáku. [V]



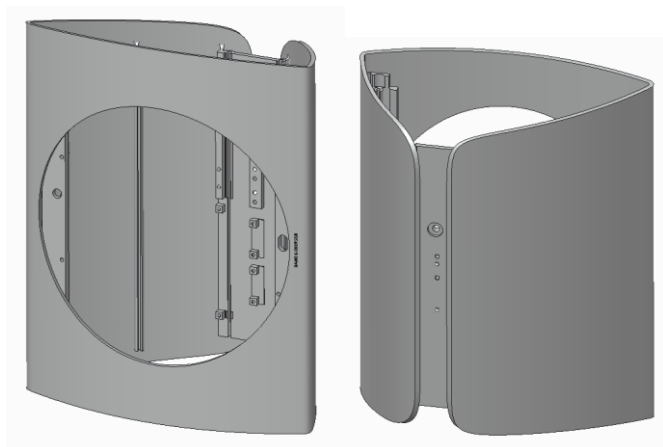
Obrázek 6 – Kabinet reproduktoru BeoLab 3

1.5 Přehled kabinetů vyrobených z extrudovaného profilu

Představitelé reproduktorových soustav ve společnosti Bang & Olufsen a jejich provedení kabinetů, které jsou vyrobeny z extrudovaného profilu, který je následně frézovaný. Co se týče povrchové úpravy, můžeme tyto kabinety buďto barvit nebo provést eloxování hliníku, kdy zaručíme lesklý hliníkový vzhled kabinetu, který tak splňuje nejvyšší designové nároky.

BeoLab 17

Bezdrátový reproduktor, který navzdory svým rozměrům vyniká robustní kvalitou zvuku. Umožňuje širokou nabídku umístění v místnosti a výborně tak zapadne do atmosféry každé domácnosti. Výkonná bezdrátová technologie podpoří bezproblémový zvukový zážitek. Masivní hliníkový kabinet je vyroben technologií extrudování a je dodáván v lesklém hliníkovém vzhledu, ale i v barevných odstínech. [VI]



Obrázek 7 – Kabinet reproduktoru BeoLab 17

BeoLab 18

BeoLab 18 je aktivní reproduktor s dvěma výkonnými zesilovači. Soustava se skládá z jednoho výškového reproduktoru a dvou středových/basových reproduktorů. Vestavěný bezdrátový modul znamená, že BeoLab 18 lze připojit v sestavách s bezdrátovým vysílačem. Hliníkový kabinet je ve tvaru extrudovaného profilu, který je následně frézován a upraven k finálnímu použití. Předností je lesklý vzhled kabinetu. V limitovaných edicích je také dodáván v barevných variantách. [VI]

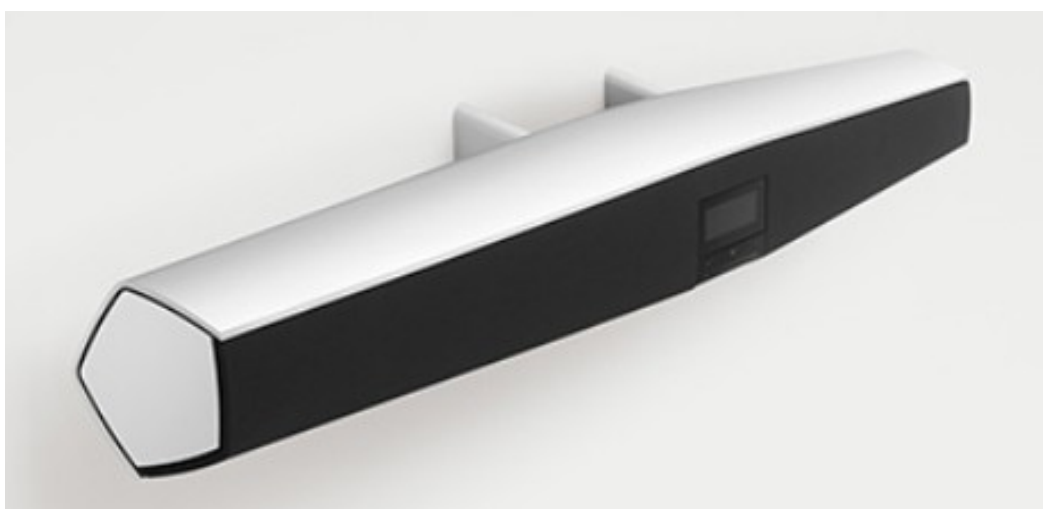


Obrázek 8 – Kabinet reproduktoru BeoLab 18

2 REPRODUKTOROVÁ SOUSTAVA BEOSOUND 35



Obrázek 9 – BeoSound 35 na stojanu [2]



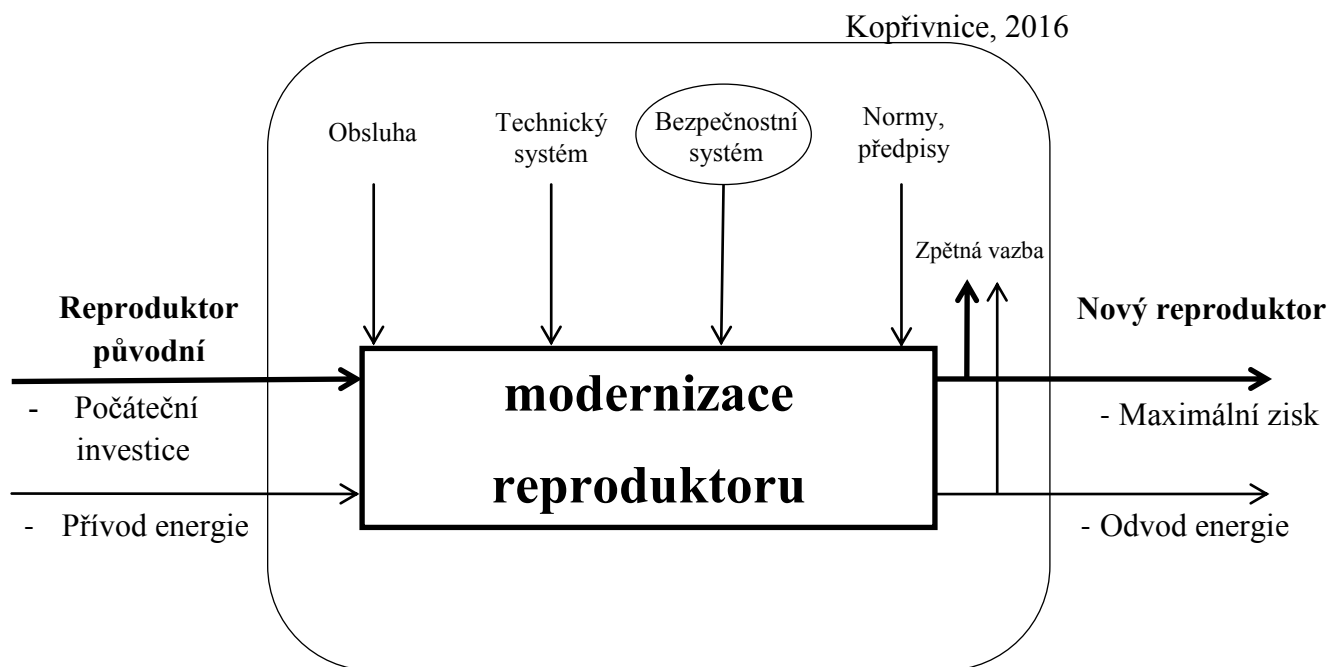
Obrázek 10 – BeoSound 35 na nástěnném držáku [2]

BeoSound 35, který můžeme vidět na obrázcích výše je aktivní reproduktor na základě nového patentového digitálního zvuku s dvěma výkonnými zesilovači. Soustava se skládá ze dvou výškových reproduktorů a dvou středových/basových reproduktorů. Vestavěný bezdrátový modul znamená, že BeoSound 35 lze připojit v sestavách s B&O bezdrátovým vysílačem. Nahrazením názvu BeoLab na nově BeoSound je pouze marketingový tah společnosti Bang & Olufsen. [VII]

3 SEZNAM POŽADAVKŮ

Práce se zabývá návrhem nosného dílu kabinetu a jeho vnitřních částí.

3.1 Model transformačního procesu



Obrázek 11 – Transformační proces [1]

3.2 Požadavky

Požadavky na nosný díl kabinet

- Koncept vychází z předchozího reproduktoru, jedná se o modernizaci.
- Orientační rozměry reproduktoru 100 x 12,5 x 13cm.
- Orientační rozměry kabinetu 100 x 8 x 13cm.
- Maximální hmotnost 7kg.
- Zachovat co nejvíce ostré hrany.
- Materiál volit na základě simulací
- Odolnost vůči okolním vlivům.
- Modernější vzhled než předchůdce.
- Hladký hliníkový povrch kabinetu.

3.3 Požadavkový list

Specifikace požadavků	Podmínka	Přání
Velikost		
Minimální tvar		x
Rozměry reproduktoru do 100 x 12,5 x 13cm	x	
Hmotnost do 7kg	x	
Provoz		
Odolnosti vůči korozi	x	
Odolnost vůči prašnosti	x	
Eliminace poškození	x	
Snadná manipulace	x	
Snadná montáž		x
Životnost kabinetu – co nejvyšší	x	
Údržba - minimální	x	
Údržba - žádná		x
Povrch		
Lesklý vzhled	x	
Eliminace otisků prstů na kabinetu		x
Hladký hliníkový povrch	x	
Výroba		
Snadná výroba	x	
Malosériová výroba (10 000 / rok)	x	
Levnější provedení než předchozí verze		x
Ergonomie		
Uspokojivý tvar	x	
Zachování ostré hrany mezi kabinetem a látkou	x	
Atraktivnější design než předchozí verze	x	
Přizpůsobení designu s ohledem na bezpečnost	x	
Likvidace: vhodnost pro -		
Snadná demontáž	x	
Použití materiály vhodné pro recyklaci		x
Zákony a předpisy		
Použití firemních norem	x	
Použití firemních patentů	x	

Tabulka 1 – Požadavkový list [I]

3.4 Kritéria pro výběr konkrétního řešení

1. Povrch.
2. Celková hmotnost.
3. Složitost výroby.
4. Vzhled.
5. Cena.

3.5 Funkce technického systému

Seznam funkcí kabinetu:

1. Materiál zařízení.
 - 1.1 Hmotnost zařízení.
2. Moderní vzhled.
 - 2.1 velikost zařízení.
3. Fixace vnitřních částí.
4. Fixace vnějších částí.
5. Odolnost vůči vnějším vlivům.
6. Umístění zařízení.
7. Eliminace poškození zařízení.
8. Uzemnění zařízení.

3.6 Transformační proces

Na obrázku je schéma černé skříňky, která znázorňuje počáteční a koncový stav procesu transformace [1].

Černá skříňka



Obrázek 12 – Černá skříňka [1]

4 ORGÁNOVÁ STRUKTURA


Orgánová struktura přiřazuje jednotlivé funkční orgány – nositele funkcí, z nichž vyhodnotíme nejvhodnější varianty způsobu zajištění funkce. [I]

4.1 Morfologická matice kabinetu

Dílčí funkce		Orgány nositelé funkcí		
		1	2	3
1	Materiál zařízení zajistit	Odlévaný hliník	Lisovaný hliníkový profil	Ocel na odlitky
1.1	Hmotnost zařízení zajistit	5	6	9
2	Moderní vzhled umožnit	Obdélníkový tvar odlévaný ve formě	Obdélníkový lisovaný profil	Čtvercový tvar
2.1	Velikost zařízení umožnit	90 x 10 x 11	100 x 8 x 13	110 x 9 x 13
3	Fixace vnitřních částí zajistit	Lepení	Šroubové spoje	Svařování
4	Fixace vnějších částí zajistit	Šroubový spoj	Nýtovaný spoj	Svarový spoj
5	Odolnost vůči vnějším vlivům zajistit	Lakování kabinetu	Eloxování hliníku	Fólie
6	Umístění zařízení stanovit	Na stojanu	Volně	Na držáku na zdi
7	Eliminace poškození zařízení	Balení do kartónu	Balení do polystyrénu	Balení do ochranné fólie
8	Uzemnění zařízení zajistit	Přes šroubový spoj	Pomocí drátku	Pomocí plíšku

Obrázek 13 – Morfologická matice kabinetu [I]

4.2 Vybrané varianty kabinetu

		
	Řešení A	Řešení B
1	Odlévaný hliník	Lisovaný hliníkový profil
1.1	5	6
2	Obdélníkový tvar odlévaný ve formě	Obdélníkový lisovaný profil
2.1	100 x 8 x 13	100 x 8 x 13
3	Šroubové spoje	Lepení
4	Nýtovaný spoj	Šroubový spoj
5	Lakování kabinetu	Eloxování hliníku
6	Na drážku na zdi	Na stojanu
7	Balení do polystyrénu	Balení do kartónu
8	Pomocí drátku	Přes šroubový spoj

Tabulka 2 – Varianty kabinetu [1]

4.3 Zhodnocení vybraných metod

Č.	funkce	Řešení A	Řešení B
1	Materiál zařízení zajistit	1	3
1.1	Hmotnost zařízení zajistit	2	1
2	Moderní vzhled umožnit	4	1
2.1	Velikost zařízení umožnit	2	1
3	Fixace vnitřních částí zajistit	1	2
4	Fixace vnějších částí zajistit	2	1
5	Odolnost vůči vnějším vlivům zajistit	1	1
6	Umístění zařízení stanovit	1	1
7	Eliminace poškození zařízení	2	2
8	Uzemnění zařízení zajistit	3	1
Celkový počet bodů		19	<u>14</u>
Celkové pořadí		2	<u>1</u>

Tabulka 3 – Zhodnocení vybraných metod [1]

Č.	Kritéria	V. A	V. B
1	Povrch	3	1
2	Celková hmotnost	2	1
3	Složitost výroby	1	2
4	Vzhled	3	1
5	Cena	1	2
		10	7

Tabulka 4 – Kritéria

Hodnocení probíhá na stupnici od 1-5. Přičemž bod 5 znázorňuje nejhorší a bod 1 nejlepší přínos.

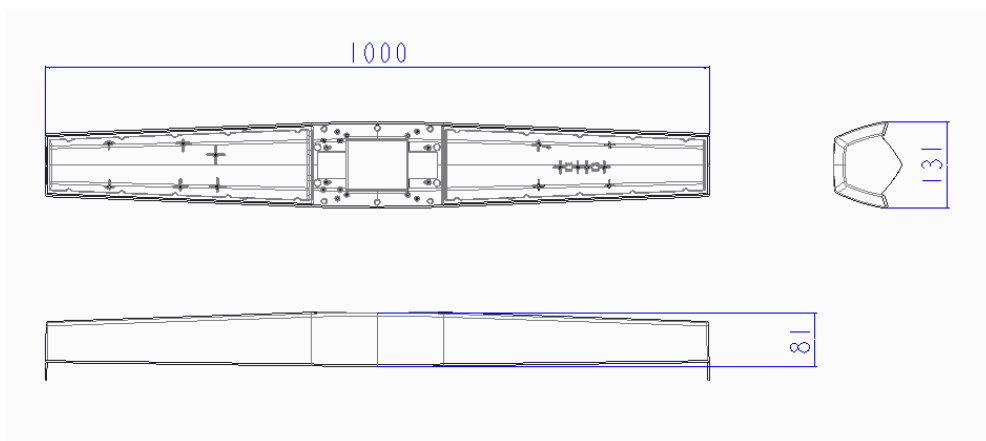
Dle zadaných kritérií bylo zvolena varianta B pro kabinet jako nejvhodnější.

5 HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA

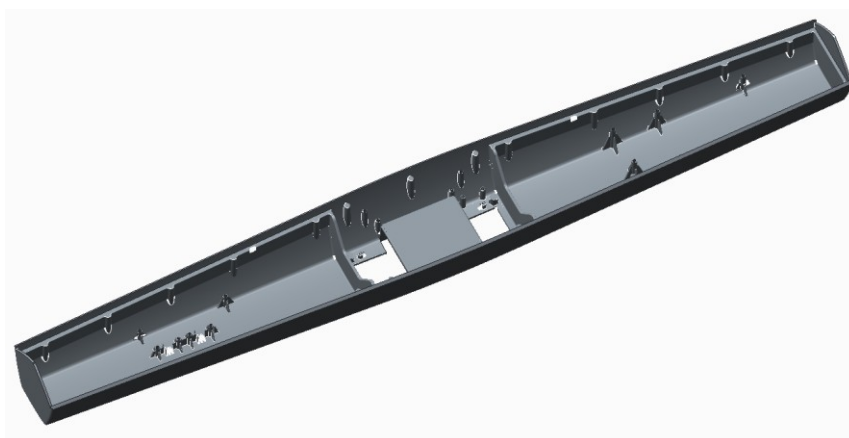
5.1 Kabinet

Schematické znázornění řešení metody A

Metoda A je hliníkový kabinet ve formě následně frézovaný do požadovaného tvaru. O hmotnosti 5kg a rozměrech 100 x 8 x 13cm. Kabinet je odléván včetně komínků, které slouží pro uchycení vnitřních částí reproduktoru. Vnější části jako stojan nebo nástěnný držák je možnost nanýtovat k přišroubovanému strukturálnímu dílu uprostřed kabinetu. Vzhledem k surovému vzhledu hliníku bude kabinet následně lakován do finální barvy. Poškození kabinetu během transportu je eliminováno balením v polystyrénu.



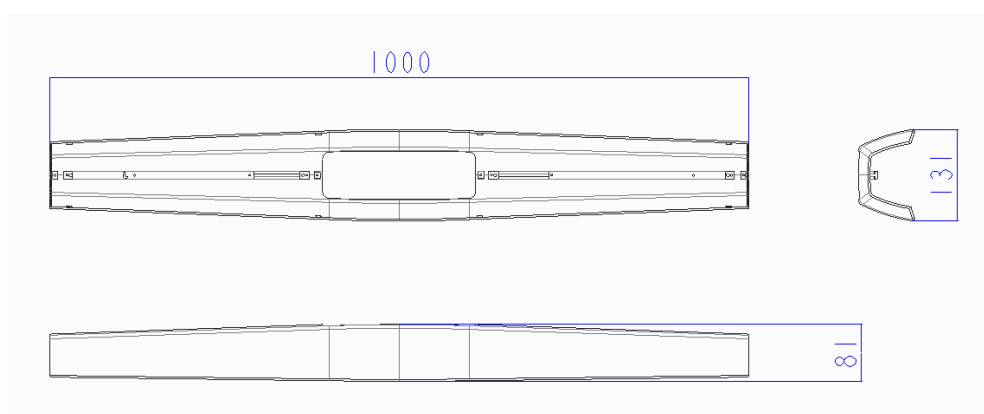
Obrázek 14 – Hrubá stavební struktura – Varianta A s rozměry



Obrázek 15 – Kabinet varianta A - model

Schematické znázornění řešení metody B

Metoda B je extrudovaný hliníkový profil s T drážkou, který je následně dolisovaný do požadovaného tvaru kabinetu. Finální vzhled je opracován frézováním. O hmotnosti 6kg a rozměrech 100 x 8 x 13cm. Uchycení vnitřních dílů je pomocí lepidla, jelikož není možné do kabinetu použít šroubové spoje, mimo středové T drážky. Vnější části jako stojan nebo nástěnný držák můžeme přišroubovat ke strukturálnímu dílu. Vzhledem k surovému vzhledu hliníku bude kabinet následně eloxován do finálního lesklého hliníkového vzhledu. Poškození kabinetu během transportu, je eliminováno balením do kartónu.



Obrázek 16 – Hrubá stavební struktura – Varianta B s rozměry



Obrázek 17 – Kabinet varianta B - model

6 VÝPOČET MODÁLNÍ A FREKVENČNÍ ANALÝZY OLÉVANÉHO KABINETU

Pro kabinet reproduktoru byl simulacemi ověřen vhodný výrobní materiál a tvar. Modální a frekvenční analýza byla prováděna při předepsaném zatížení pomocí softwaru Creo Parametric 2.0.

6.1 Vstupní požadavky

Vstupní požadavek byl nastaven tak, že tuhost kabinetu je porovnávána se stávající variantou reproduktoru. Tuhost posuzována frekvenční analýzou by měla být u nové varianty lepší než u stávající verze reproduktoru BL3500.

6.2 Modální analýza

Modální analýza je užitečná pro posouzení chování dílu z hlediska vibrací, což je u kabinetu reproduktoru důležité a má vliv na výsledný akustický projev. Výsledkem modální analýzy jsou vlastní rezonanční frekvence a tvar vibračních módů.

Rezonanční frekvence vypovídají o celkové „tuhosti“ dílu (vyšší rezonanční frekvence = vyšší tuhost). Z tvaru vibračních módů je možné odhalit slabá místa a ty následně optimalizovat.

Je obtížné obecně určit, jaké rezonanční frekvence jsou už vyhovující. Výsledek je nakonec stejně nutné ověřit akustickým testem. K největším vibracím dochází při nízkých frekvencích – basových tónech, je tedy žádoucí, aby nejnižší rezonanční frekvence byla alespoň cca 200 Hz.

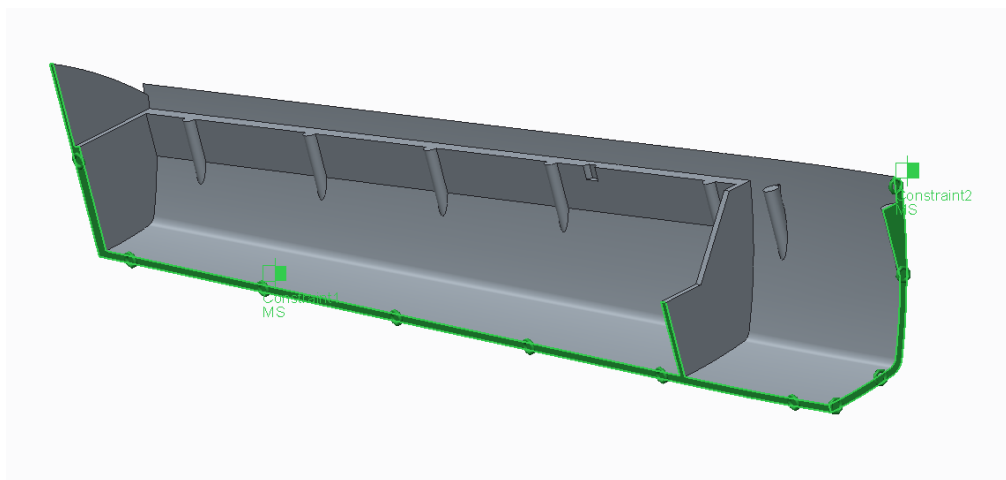
Pouze na základě výsledků modální analýzy nelze s jistotou určit, jestli bude kabinet akusticky vyhovující, ale porovnáním dvou variant (odlitek nebo extrudovaný profil) může pomoci určit lepší variantu.



Obrázek 18 – Modely kabinetu pro výpočty

6.3 Okrajové podmínky

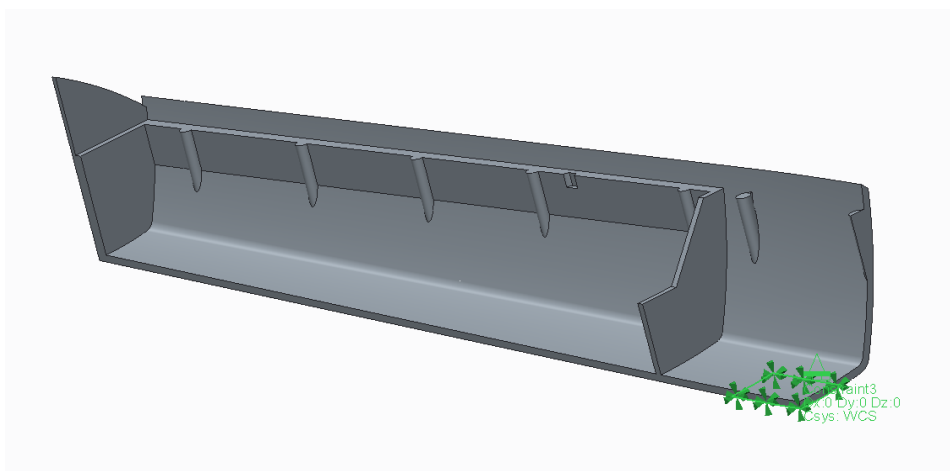
Navržený díl je symetrický, můžeme výpočet provést pouze na jeho čtvrtině. Tím se výpočet zjednoduší a zkrátí se tím výpočtový čas. Pro všechny varianty tedy původní BL3500, odlitek i extrudovaný profil jsou použité stejné okrajové podmínky a nastavení.



Obrázek 19 – Vazby kabinetu

Na obrázku je znázorněná symetrie a zeleně jsou označeny roviny respektive plochy symetrie.

Pevná vazba, která zamezí pohybu dílu je aplikovaná v místě budoucího stojanu nebo držáku na zeď. Fixace nastavena ve všech třech osách x,y,z.



Obrázek 20 – Jedna čtvrtina kabinetu, zobrazení pevné vazby v místě stojanu

6.4 Materiál

Pro všechny výpočty je použitý stejný typ hliníku, který je součástí knihovny materiálu v Creo Parametric a jeho vlastnosti odpovídají slitině hliníku 6063-T1.

Chemické složení [hm. %]										
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	ostatní		Al
								jednotl.	celkem	
0,2–0,6	0,35	0,10	0,10	0,45–0,90	0,10	0,10	0,10	0,05	0,15	zbytek

Obrázek 21 - Chemické složení hliníku 6063 [VIII]

Značení stavu tepelného zpracování hliníku a jeho slitin [7]

Pro další zpracování hliníku a jeho slitin je také důležité, v jaké stavu tepelného zpracování je dodáván. Dále jsou uvedeny základní stavy a jejich značení dle ČSN EN 515. [7]

T - tepelně ošetřen, pro výrobu stabilizovaných stavů, přičemž.

T1 - ochlazený ze zvýšené teploty s následným přirozeným stárnutím.

T2 - ochlazený ze zvýšené teploty, tváření za studena s následným přirozeným stárnutím.

T3 - stav po rozpouštěcím žíhání, tváření za studena s následným přirozeným stárnutím.

T4 - stav po rozpouštěcím žíhání s následným přirozeným stárnutím.

T5 - ochlazený ze zvýšené teploty s následným umělým stárnutím.

T6 - stav po rozpouštěcím žíhání s následným umělým stárnutím.

T7 - stav po rozpouštěcím žíhání s následným umělým přestárnutím a stabilizací.

T8 - stav po rozpouštěcím žíhání, tváření za studena s následným umělým stárnutím.

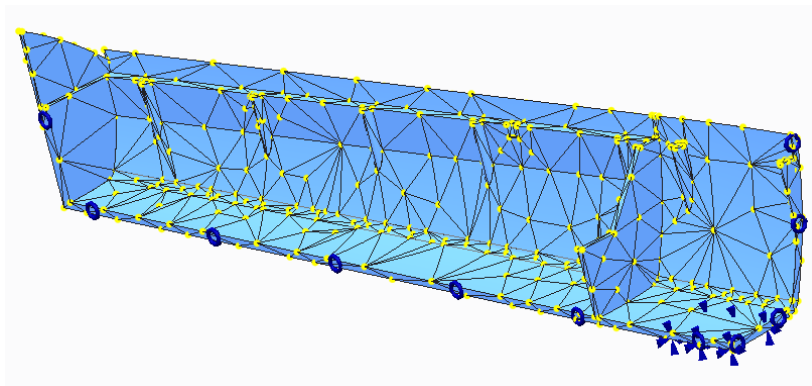
T9 - stav po rozpouštěcím žíhání, po umělém stárnutím a následným tvářením za studena.

T10 - ochlazený ze zvýšené teploty, tváření za studena s následným umělým stárnutím.

[7]

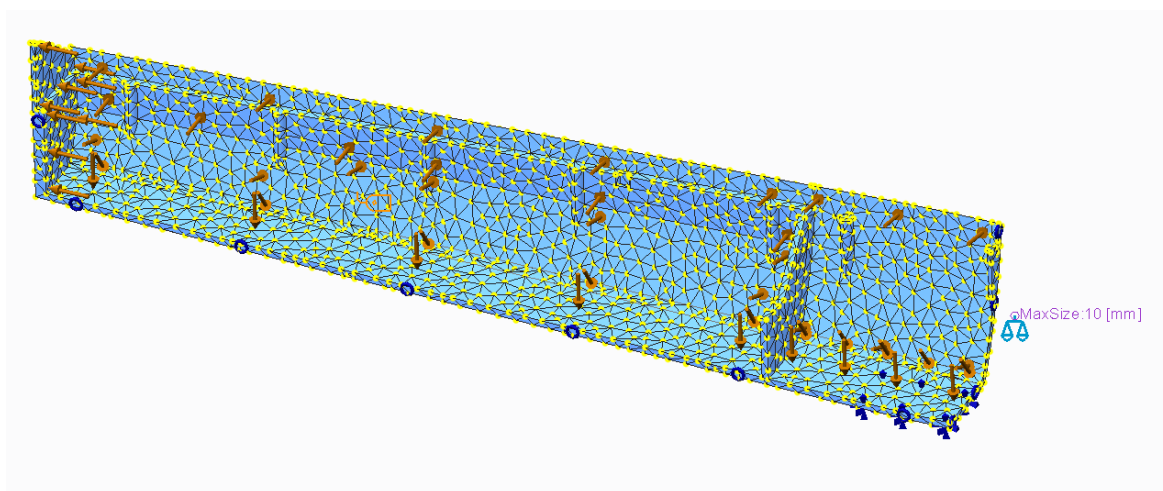
6.5 Síť

Síť konečných prvků v základním nastavení programu. Pro potřebný výpočet síť optimalizují na tetrahedralovou.



Obrázek 22 – Síť v základním nastavení

Parametry sítě je možné libovolně nastavit pro celý díl anebo i lokálně. Hustší síť je náročnější pro výpočet a trvá déle. Byla zvolena tetrahedral síť s maximální velikostí prvků nepřesahujících 10mm. Program vytvořil síť s 6922 prvků.



Obrázek 23 – Upravená síť pro výpočet

7 VÝSLEDKY MODÁLNÍ ANALÝZY

Výsledkem modální analýzy jsou vlastní frekvence dílu. Výpočet byl prováděn pouze pro první čtyři vlastní frekvence. Ve většině případů jsou ty první frekvence nejdůležitější.

7.1 Vlastní rezonační frekvence původního reproduktoru BL3500

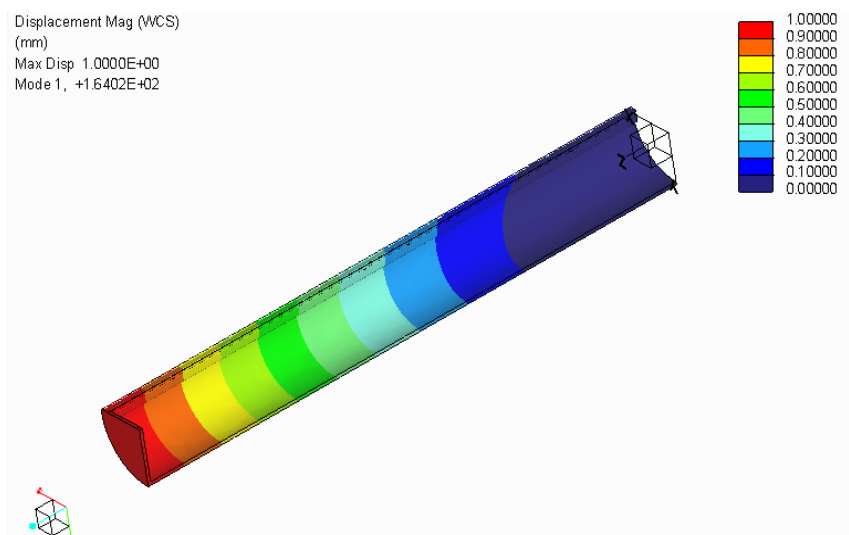
V tabulce níže vidíme první čtyři vlastní frekvence reproduktoru BL3500 (164Hz, 484Hz, 630Hz, 870Hz).

Inclu...	Modes	Scaling
<input type="checkbox"/>	Mode1(164.021Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode2(484.182Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode3(630.99Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode4(870.156Hz)	1

Obrázek 24 – Vlastní frekvence reproduktoru BL3500

Tvar vibračních módů BL3500 - frekvence 164 Hz

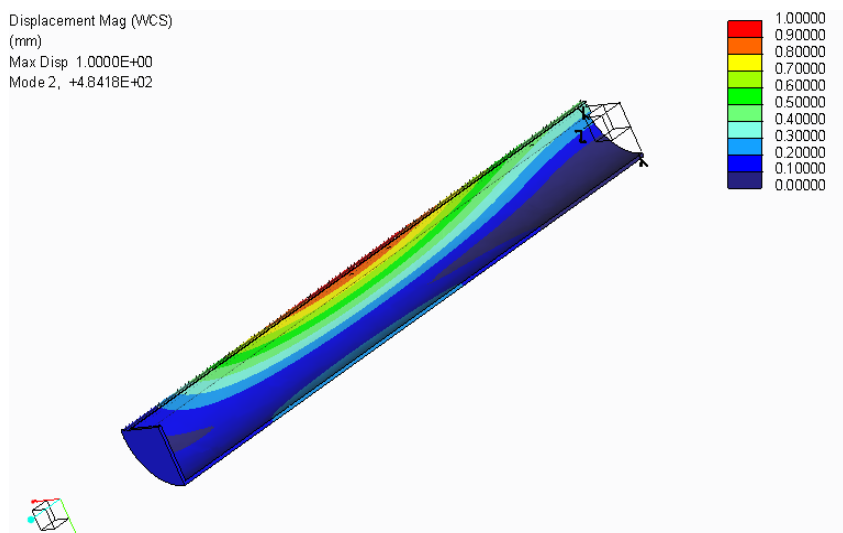
Způsob vibrace na první vlastní frekvenci 164Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Z obrázku je patrné, že největší kmity vykazuje konec kabinetu. Maximální výchylka je vždy normována na velikost jednoho mm. Vlastní způsob vibrace je vidět na animaci, která je součástí přílohy diplomové práce na CD.



Obrázek 25 – Beolab 3500 na frekvenci 164 Hz.

Tvar vibračních módů BL3500 - frekvence 484 Hz

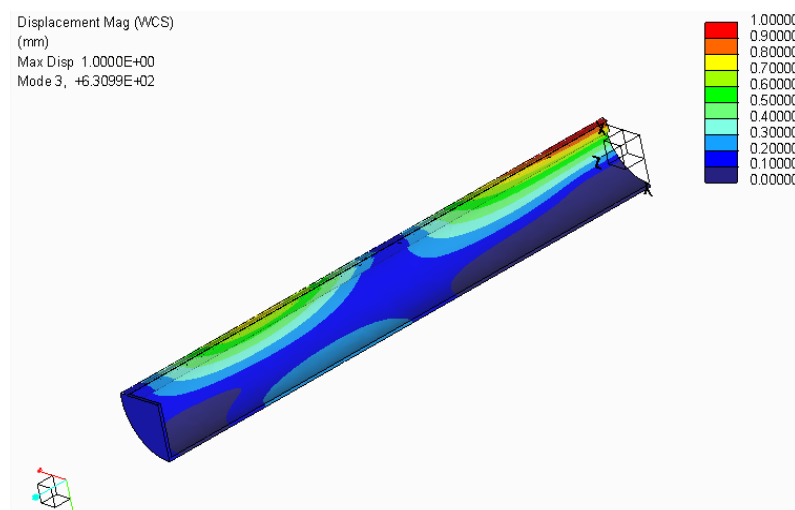
Způsob vibrace na druhé vlastní frekvenci 484Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že se nejvíce rozvibruje okraj na podélné stěně kabinetu.



Obrázek 26 – Beolab 3500 na frekvenci 484 Hz

Tvar vibračních módů BL3500 - frekvence 630 Hz

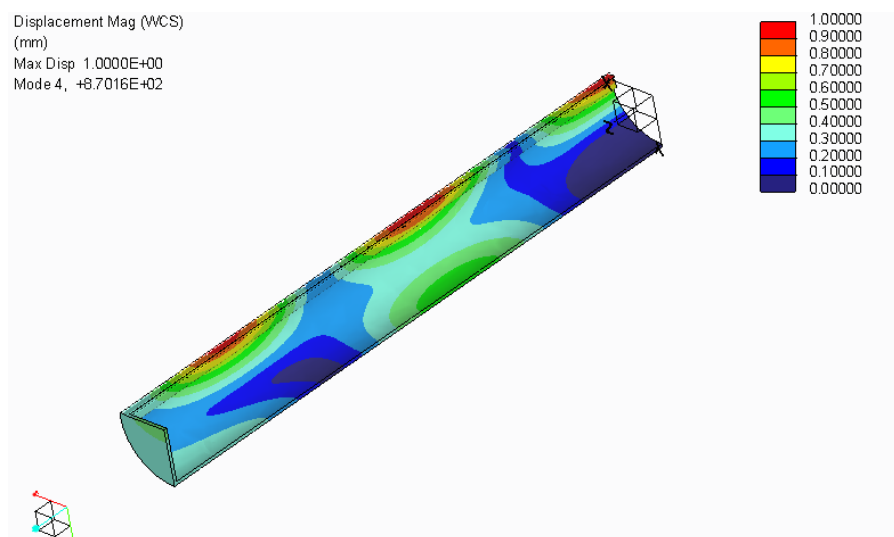
Způsob vibrace na třetí vlastní frekvenci 630 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že se nejvíce rozvibruje okraj na podélné stěně kabinetu a to ve dvou místech, které tzv. pulzují.



Obrázek 27 – Beolab 3500 na frekvenci 630 Hz

Tvar vibračních módů BL3500 - frekvence 870 Hz

Způsob vibrace čtvrté vlastní frekvenci 870 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že podélná stěna kabinetu pulzuje ve třech místech.



Obrázek 28 – Beolab 3500 na frekvenci 870 Hz

7.2 Vlastní rezonační frekvence odlitku BeoSound 35

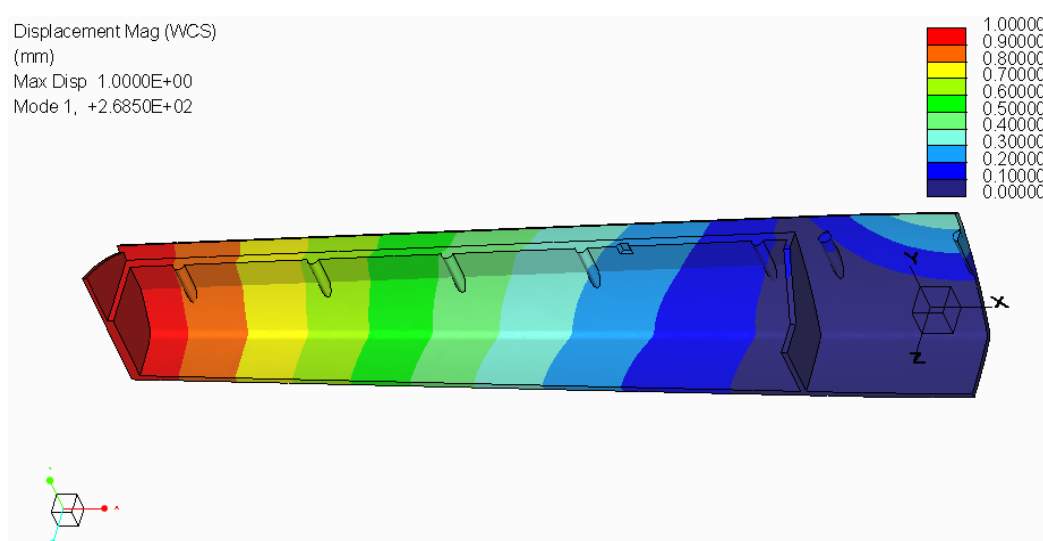
V tabulce níže vidíme první čtyři vlastní frekvence kabinetu vyrobeného jako odlitek. (268 Hz, 440 Hz, 653 Hz, 786 Hz).

Inclu...	Modes	Scaling
<input type="checkbox"/>	Mode1(268.498Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode2(440.568Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode3(653.336Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode4(786.31Hz)	1

Obrázek 29 – Vlastní frekvence odlévaného kabinetu

Tvar vibračních módů odlitku - frekvence 268 Hz

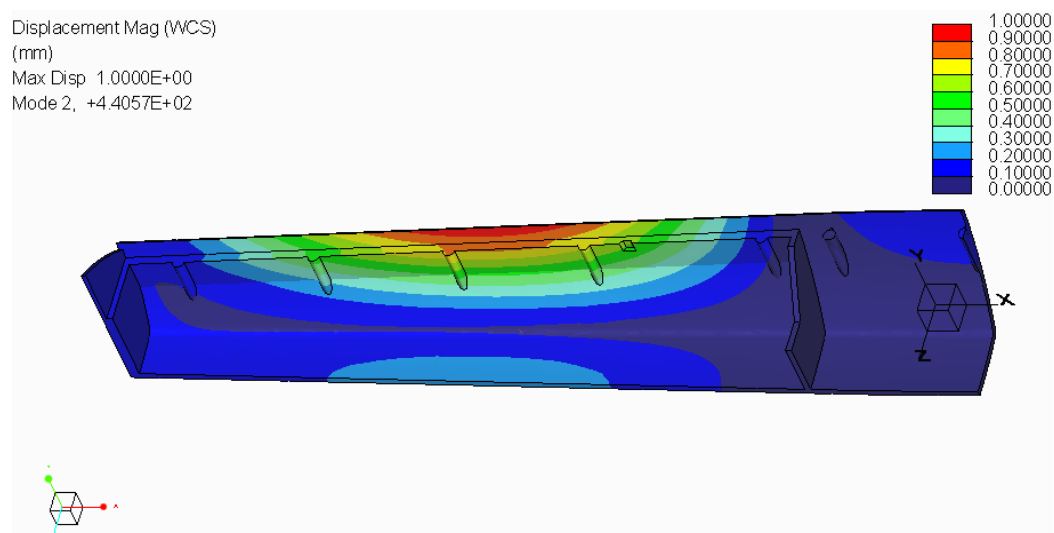
Způsob vibrace na první vlastní frekvenci 268 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Z obrázku je patrné, že největší kmity vykazuje konec kabinetu.



Obrázek 30 – Hliníkový odlitek na frekvenci 268 Hz

Tvar vibračních módů odlitku

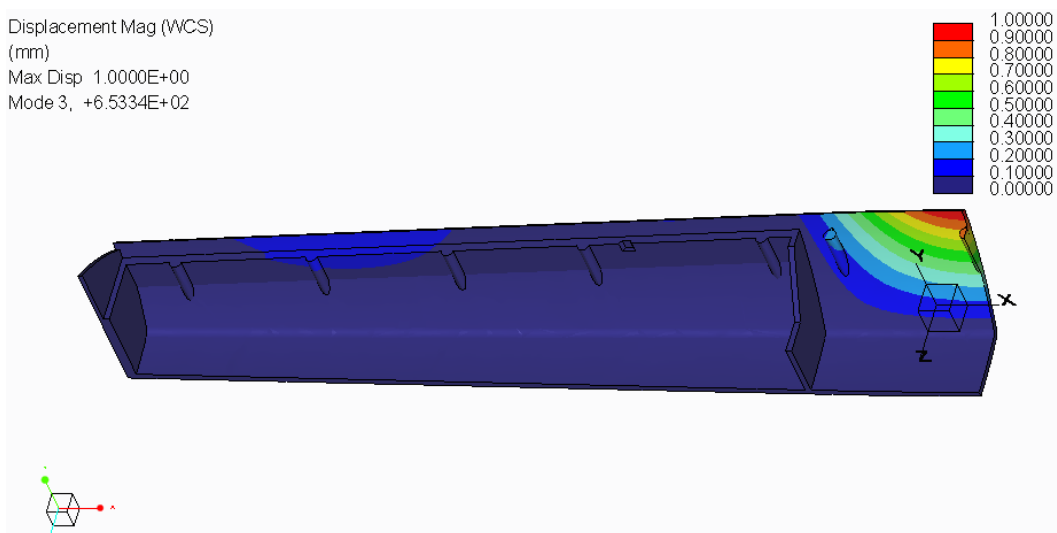
Způsob vibrace na druhé vlastní frekvenci 440 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že se nejvíce rozvibruje okraj na podélné stěně kabinetu.



Obrázek 31 – Hliníkový odlitek na frekvenci 440 Hz

Tvar vibračních módů odlitku

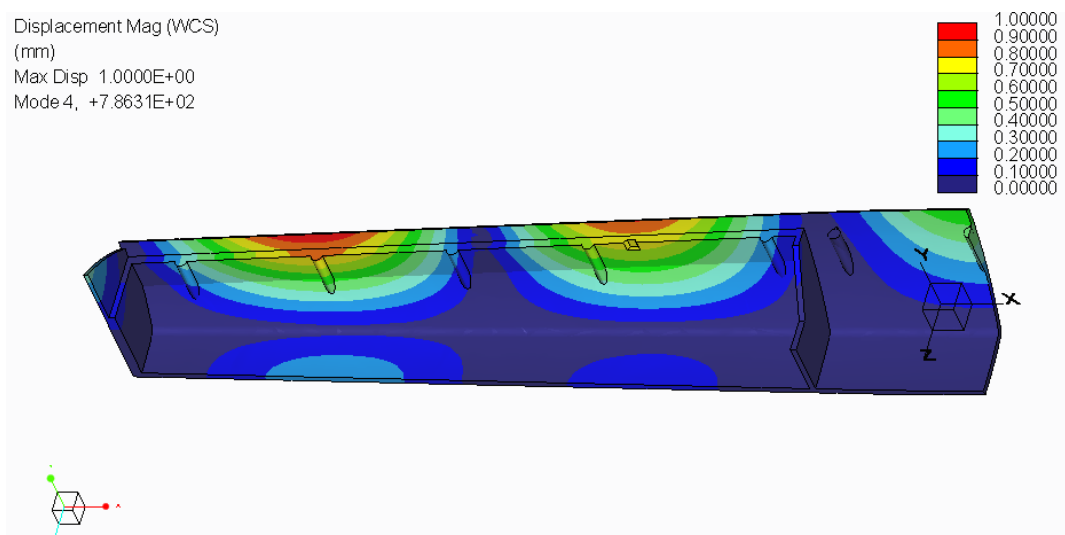
Způsob vibrace na třetí vlastní frekvenci 653 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že kabinet má největší výchylku na zadní stěně.



Obrázek 32 – Hliníkový odlitek na frekvenci 653 Hz

Tvar vibračních módů odlitku

Způsob vibrace na čtvrté vlastní frekvenci 786 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že podélná stěna kabinetu pulzuje hlavně ve dvou místech před vyztužením odlitku.



Obrázek 33 – Hliníkový odlitek na frekvenci 786 Hz

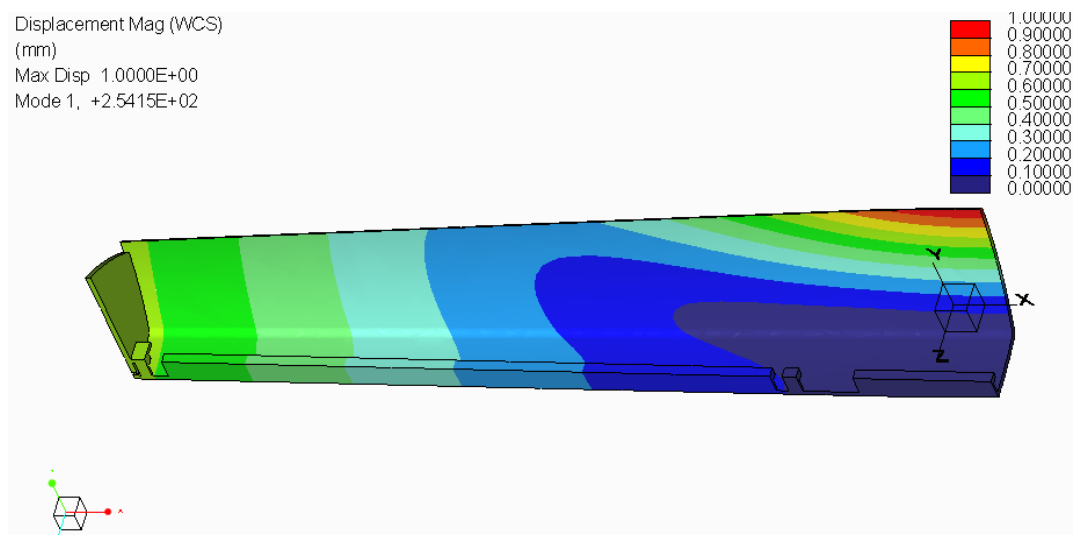
7.3 Vlastní rezonační frekvence extrudovaného profilu

Inclu...	Modes	Scaling
<input type="checkbox"/>	Mode1(254.147Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode2(301.504Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode3(388.781Hz)	1
<input type="checkbox"/>	Mode4(549.412Hz)	1

Obrázek 34 – Vlastní frekvence extrudovaného profilu

Tvar vibračních módů extrudovaného profilu

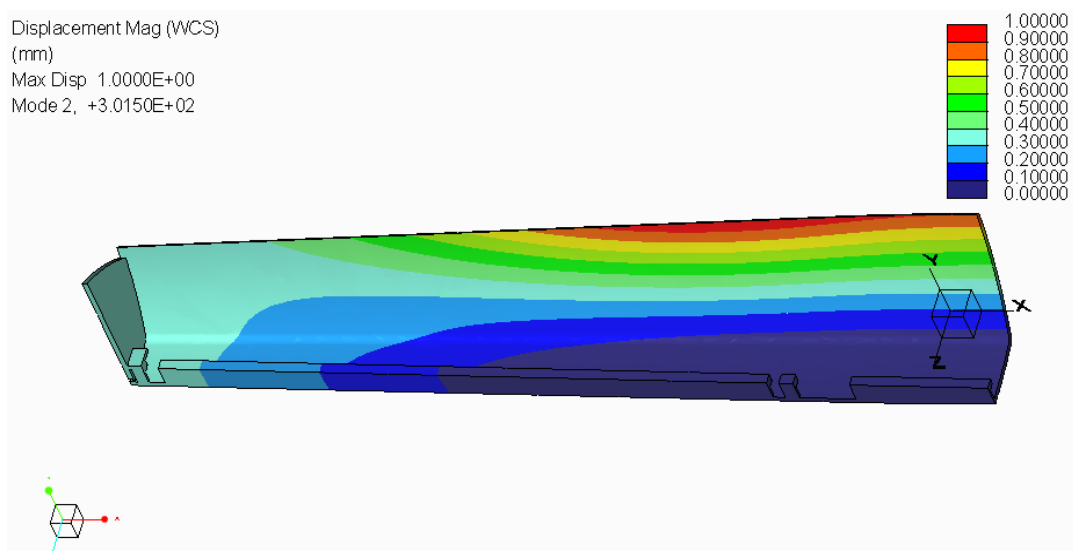
Způsob vibrace na první vlastní frekvenci 254 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Z obrázku je patrné, že největší kmity vykazuje konec kabinetu spolu s podélnou stěnou.



Obrázek 35 – Hliníkový extrudovaný profil na frekvenci 254 Hz

Tvar vibračních módů extrudovaného profilu

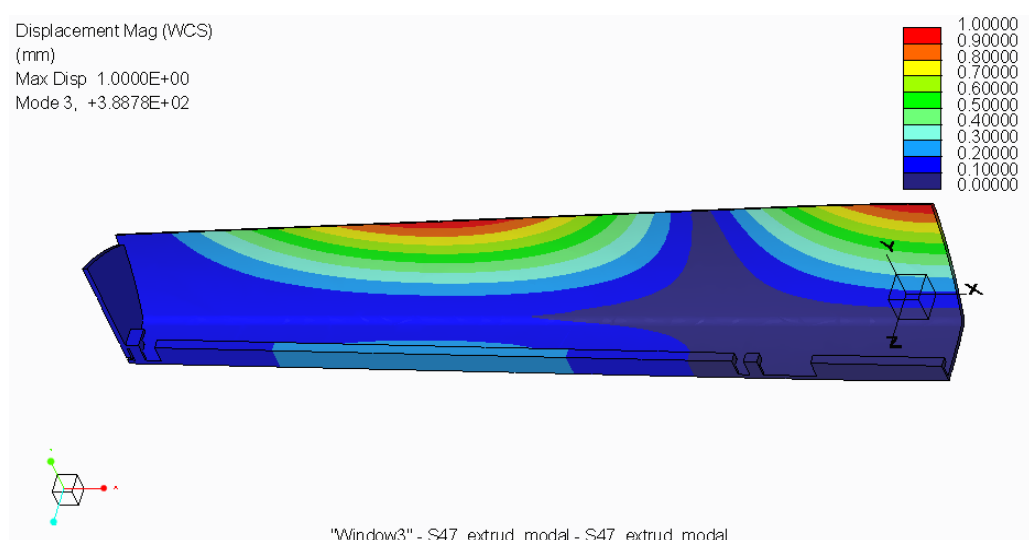
Způsob vibrace na druhé vlastní frekvenci 300 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že kabinet má největší výchylku na zadní stěně směřující ke středu dílu.



Obrázek 36 – Hliníkový extrudovaný profil na frekvenci 300 Hz

Tvar vibračních módů extrudovaného profilu

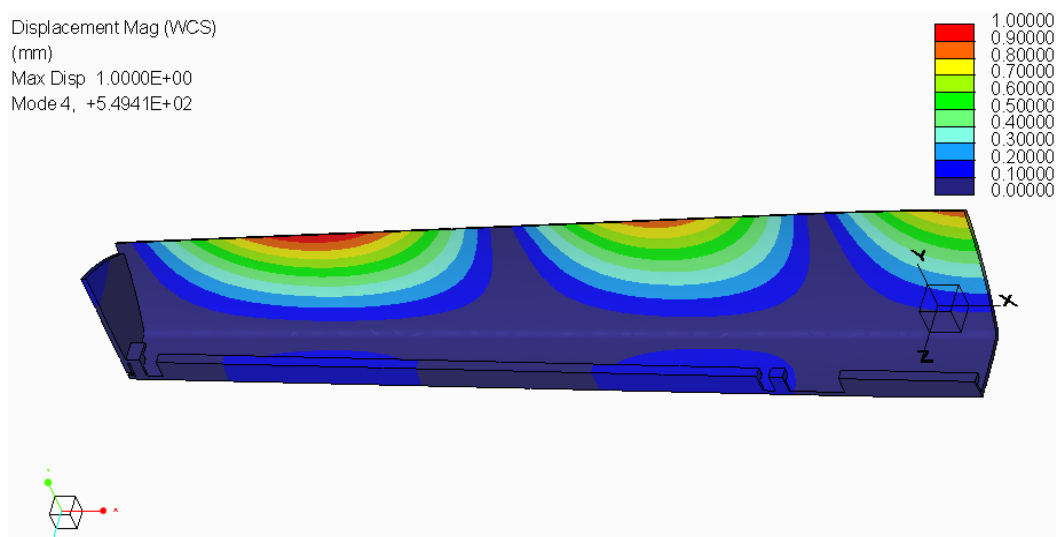
Způsob vibrace na třetí vlastní frekvenci 388 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že podélná stěna kabinetu pulzuje ve dvou místech na zadní stěně.



Obrázek 37 – Hliníkový extrudovaný profil na frekvenci 388 Hz

Tvar vibračních módů extrudovaného profilu

Způsob vibrace na čtvrté vlastní frekvenci 549 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že podélná stěna kabinetu pulzuje ve třech místech.



Obrázek 38 – Hliníkový extrudovaný profil na frekvenci 549 Hz

7.4 Shrnutí výsledků vibračních módů

Maximální hodnota výchylky je vždy automaticky normována na 1 mm.

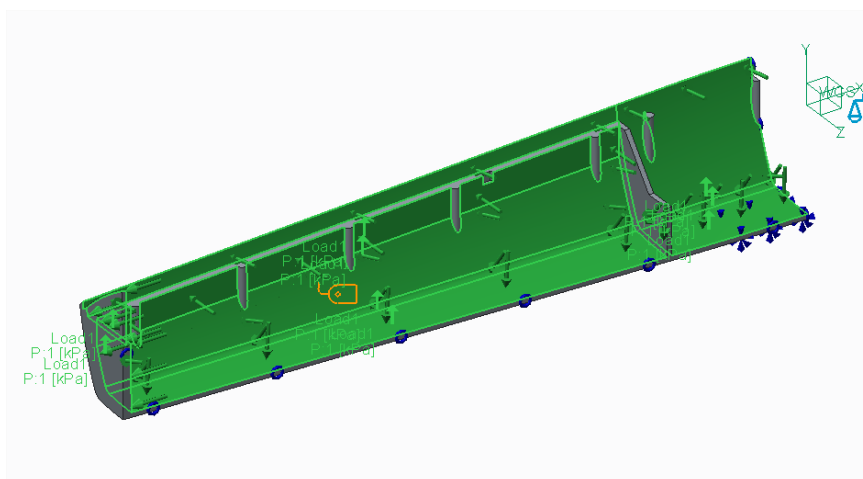
Z výsledků je vidět, že vlastní rezonanční frekvence a tvar vibračních módů jsou u staršího reproduktoru BeoLab 3500 výrazně níže a pro obě varianty odlitek a extrudovaný profil jsou podobné. Na odlitku jsou rezonanční frekvence o něco vyšší to znamená lepší.

8 VÝPOČET FREKVENČNÍ ANALÝZY

Frekvenční analýza využívá výsledků modální analýzy a určuje velikost výchylky vibrací v závislosti na frekvenci a při daném nastavení zatížení – excitace. Velikost výchylky závisí také na velikosti tlumení materiálu.

Pro všechny varianty je jako excitace nastaven tlak (vzduchu) na vnitřní plochy skříně. Toto simuluje chování reproduktoru, i když je to značné zjednodušení. Samotný tlak pulzuje jako sinusoida s frekvencemi od 100 do 1300 Hz. Rozsah frekvencí byl zvolen tak, aby pokryl všechny vypočtené vlastní frekvence s předchozích modálních analýz.

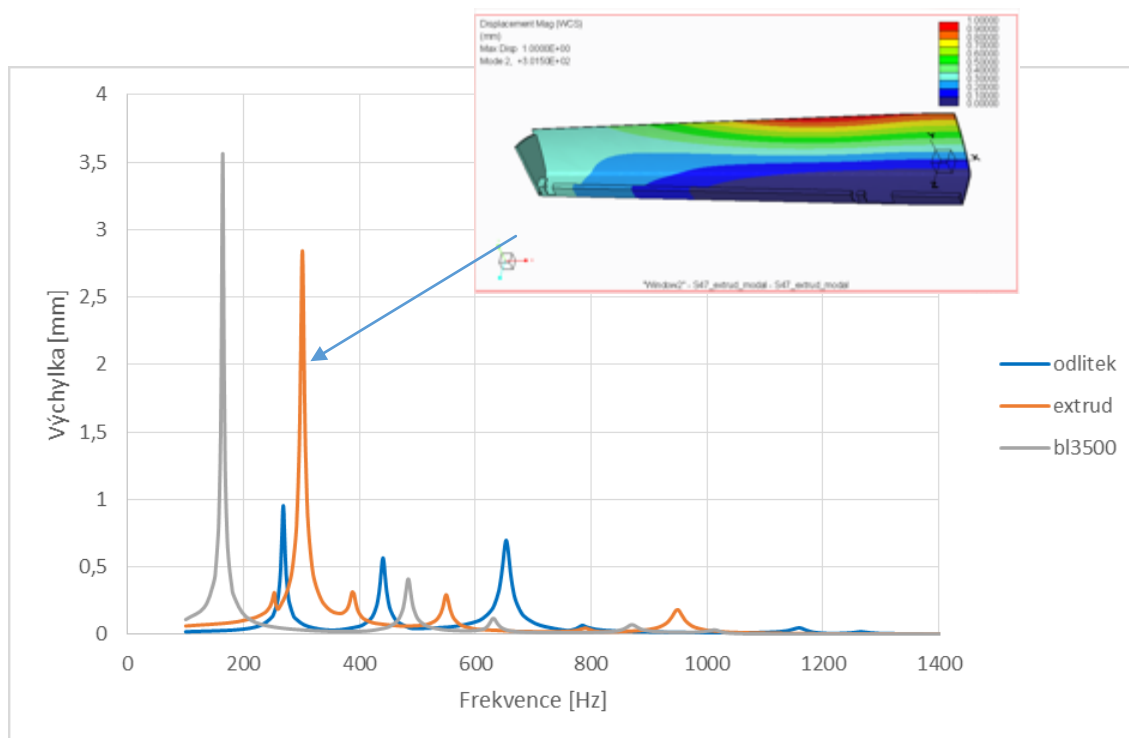
Amplituda tlaku je pro všechny varianty nastavena na 1 kPa a útlum materiálu na 1%. Tyto hodnoty nejsou reálné, absolutní výsledky proto nejsou vypovídající. Ale jelikož jsou pro všechny varianty stejné, můžeme je mezi sebou porovnávat.



Obrázek 39 – Znáznornění tlaku na vnitřní stěny jedné čtvrtiny kabinetu

8.1 Výsledek frekvenční analýzy

Graf nám ukazuje porovnání BL3500, odlitku, extrudovaného profilu.



Obrázek 40 – Výsledky frekvenční analýzy všech variant

Z výsledků je patrné, že obě varianty jak odlitek tak extrudovaný profil jsou výrazně lepší než původní verze reproduktoru BL3500. To znamená, že jsme vyhověli hlavní podmínce v zadání.

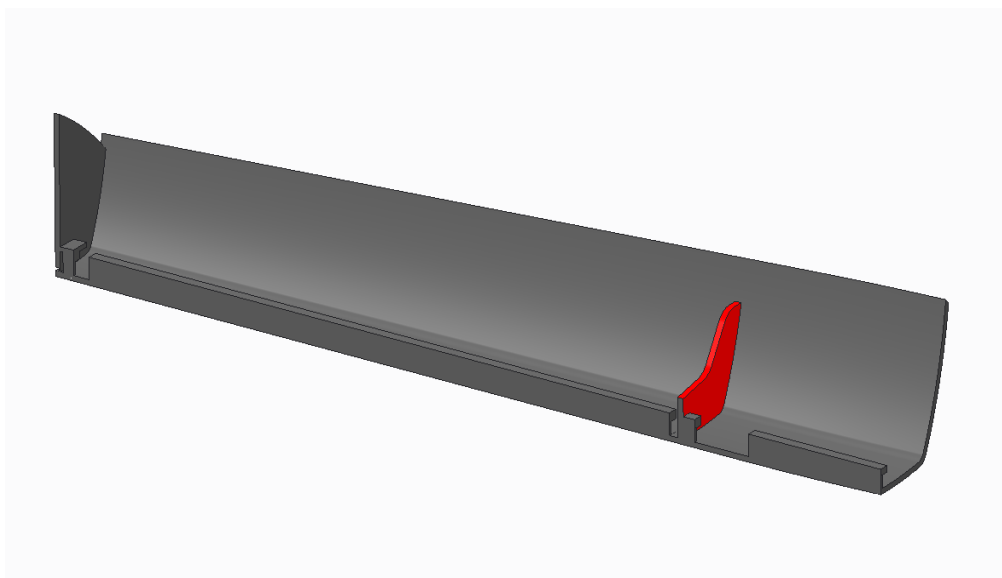
Varianta extrudovaného profilu se významně více rozkmitá na frekvenci cca 300 Hz. To odpovídá druhému vibračnímu módu. Tvar (místo maximální výchylky) je vidět ve výsledcích předchozí modální analýzy. V tomto místě by bylo vhodné díl vyztužit, abychom eliminovali tuto vibraci.

9 VYZTUŽENÍ KABINETU NA ZÁKLADĚ VÝSLEDKŮ

Z výsledků frekvenční analýzy z kapitoly 8.1 je patrné, že pokud chceme eliminovat vibrace při frekvenci okolo 300 Hz na extrudovaném profilu, musíme tento profil vyztužit. Jako nejjednodušší úprava pro teoretický výpočet se nabízí přidat přepážku.

9.1 Výpočet varianty extrudovaného profilu s vyztužením

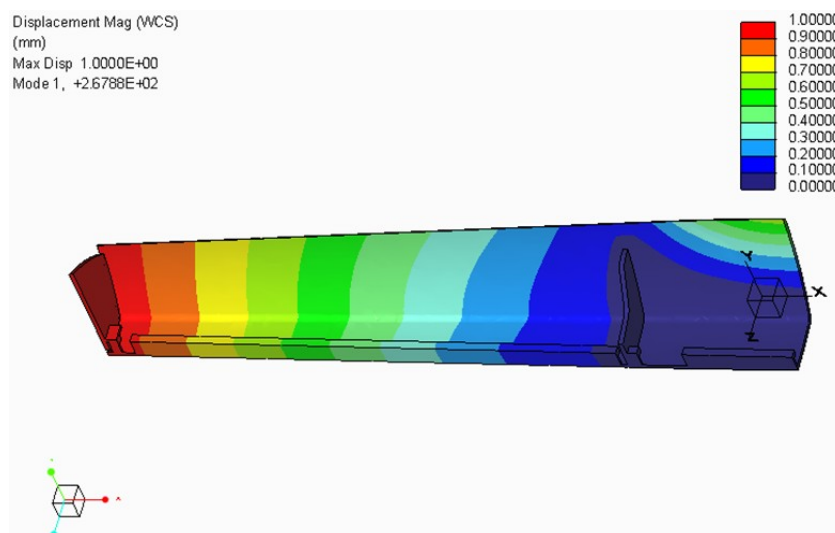
V kritickém místě bude při montáži ve výrobku vlepena plastová přepážka, která díl zpevní. Pro účel simulace byla na zjednodušeném modelu tato přepážka přidána a výpočet opakován.



Obrázek 41 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou

Tvar vibračních módů extrudovaného profilu

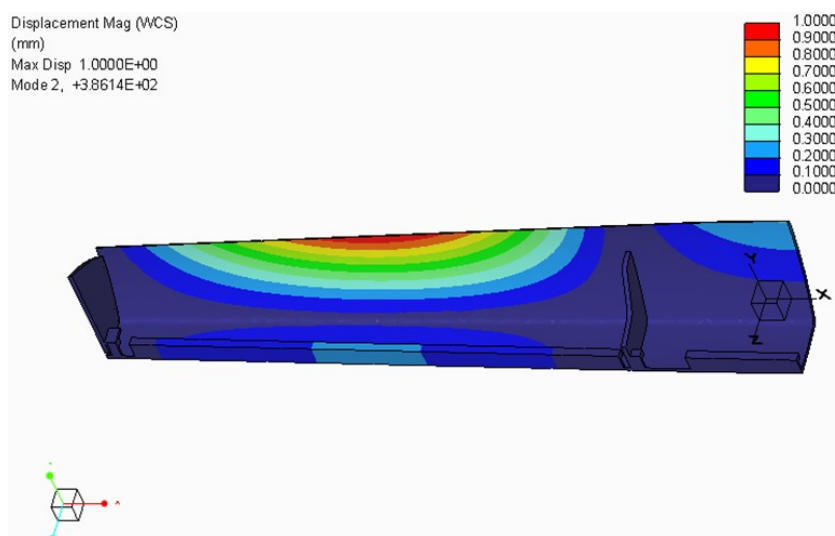
Způsob vibrace na první vlastní frekvenci 267 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Z obrázku je patrné, že největší kmity vykazuje konec kabinetu.



Obrázek 42 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou na frekvenci 267 Hz

Tvar vibračních módů extrudovaného profilu

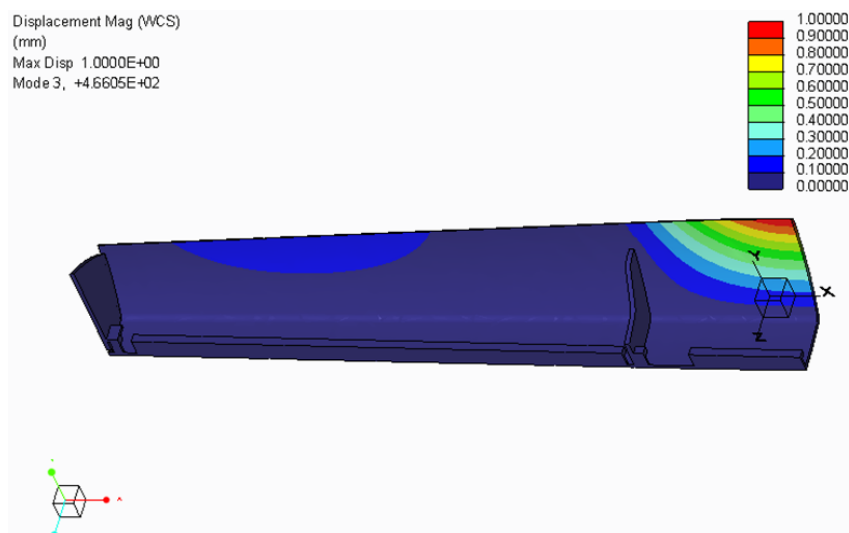
Způsob vibrace na druhé vlastní frekvenci 386 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Z obrázku je patrné, že největší kmity vykazuje boční stěna kabinetu před přepážkou.



Obrázek 43 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou na frekvenci 386 Hz

Tvar vibračních módů extrudovaného profilu

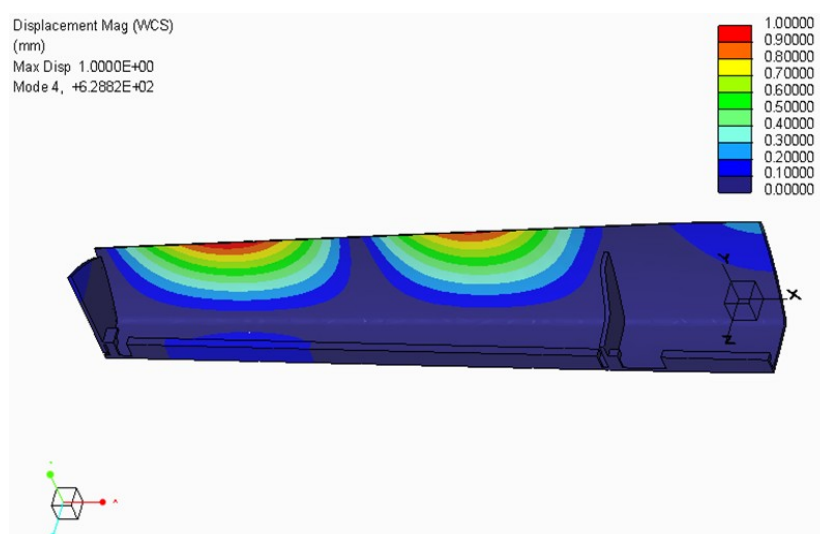
Způsob vibrace na třetí vlastní frekvenci 466 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že největší kmity vykazuje podélná stěna uprostřed kabinetu.



Obrázek 44 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou na frekvenci 466 Hz

Tvar vibračních módů extrudovaného profilu

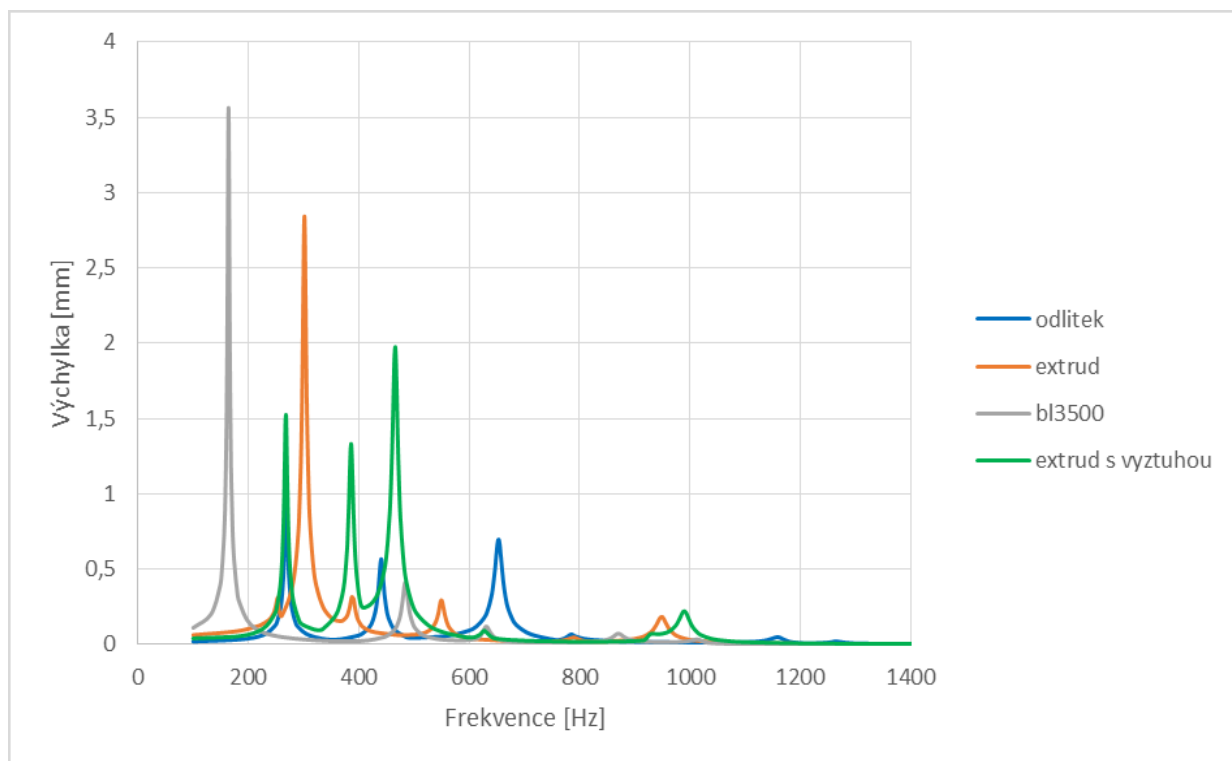
Způsob vibrace na čtvrté vlastní frekvenci 628 Hz, červeně jsou znázorněna místa s největší výchylkou. Zde je vidět, že podélná stěna kabinetu pulzuje ve dvou místech před vyztužující přepážkou.



Obrázek 45 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou na frekvenci 628 Hz

10 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

Graf nám ukazuje porovnání BL3500, odlitku, extrudovaného profilu a vyztuženého extrudovaného profilu s přepážkou.



Obrázek 46 – Porovnání výsledků jednotlivých variant

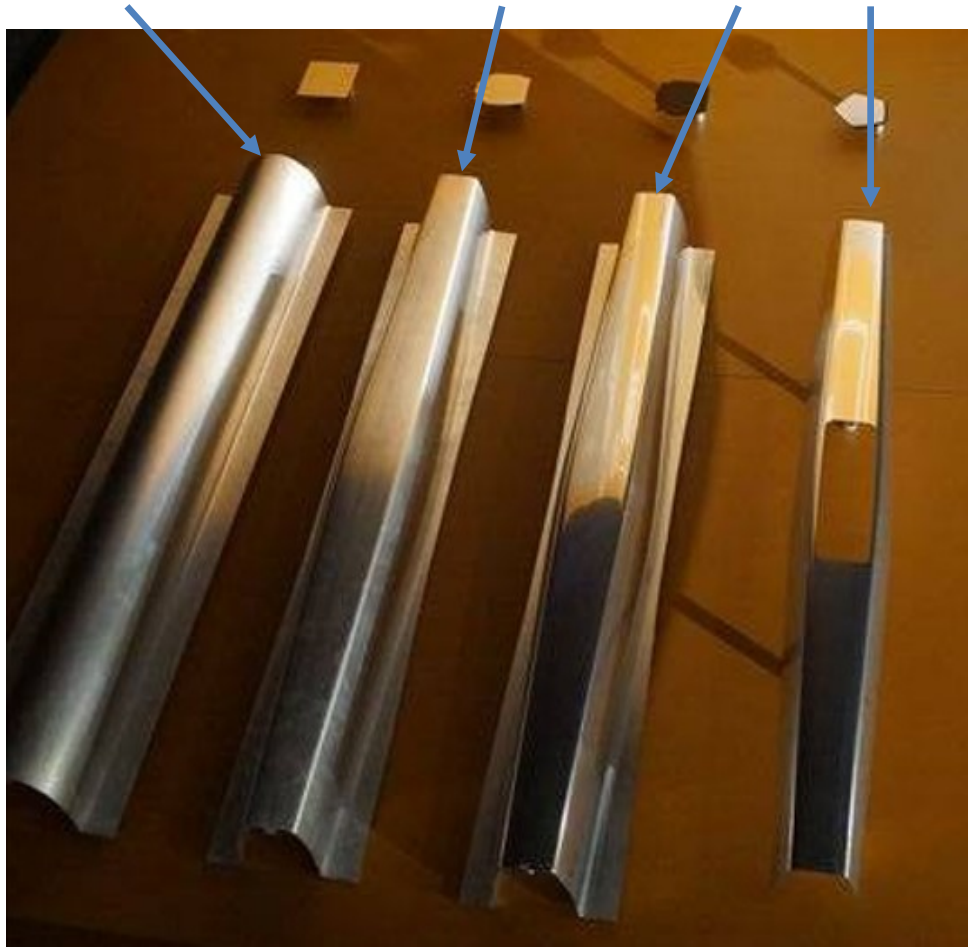
Z výsledků je patrné, že všechny tři varianty, odlitek, extrudovaný profil i vyztužený extrudovaný profil, jsou výrazně lepší než původní verze reproduktoru BL3500. Tímto bylo vyhověno podmínce v zadání.

Varianta extrudovaného profilu s vyztuhou pomohla v útlumu kmitu na frekvenci cca 300 Hz. To odpovídá druhému vibračnímu módu. Na druhou stranu se objevily nové zákmity na frekvenci 400Hz a 500Hz. Tyto frekvence už jsou poměrně vysoké a při těchto vyšších tónech už nejsou případné vibrace kabinetu závadou.

11 POSTUP VÝROBY KABINETU

Přehled

1. Extrudovaný profil s T drážkou, 2. Tvarování, 3. Kalibrace, 4. Ostřih a frézování



Obrázek 47 – Výrobní kroky kabinetu z extrudovaného profilu

11.1 Extrudovaný profil

Hliníkový profil, který je co nejvíce podobný finálnímu výrobku. Jedná se o profil konstantní tloušťky po celém svém průřezu.

11.2 Tvarování

Z extrudovaného profilu pomocí lisovacího nástroje a potřebného tlaku vyrobíme výlisek, který se svým tvarem a rozměry blíží finálnímu výrobku.

11.3 Kalibrace

Je to operace, kterou se nahrubo vytvarovaný výlisek ještě kalibruje na požadovaný tvar s rozměry ploch v předepsaných tolerancích.

11.4 Ostříh a frézování

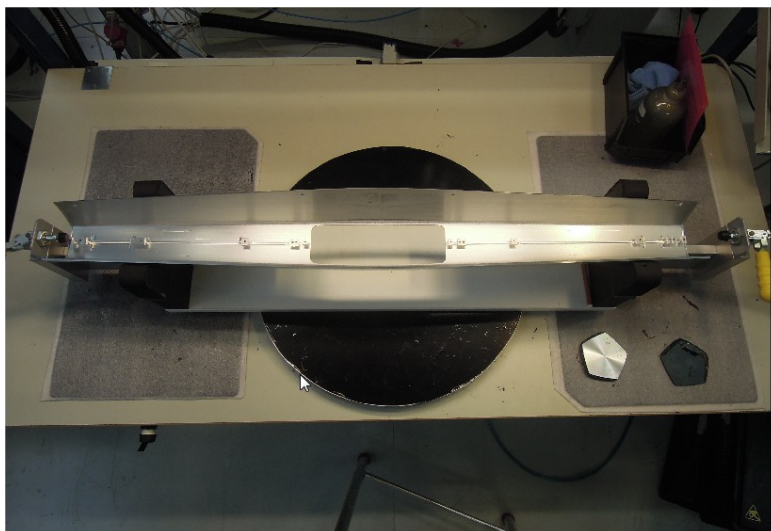
Výlisek je třeba ostříhnout z krajů od přídavek, které jsou důležité z hlediska uchycení v nástroji. Tento výlisek už je z hlediska tvarových ploch hotový.

Poslední operací je frézování, kdy je potřeba opracovat jednotlivé plochy dle 3D modelu a vyvrtat potřebné otvory pro šrouby.

12 POPIS MONTÁŽE LEPENÍ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ DO KABINETU

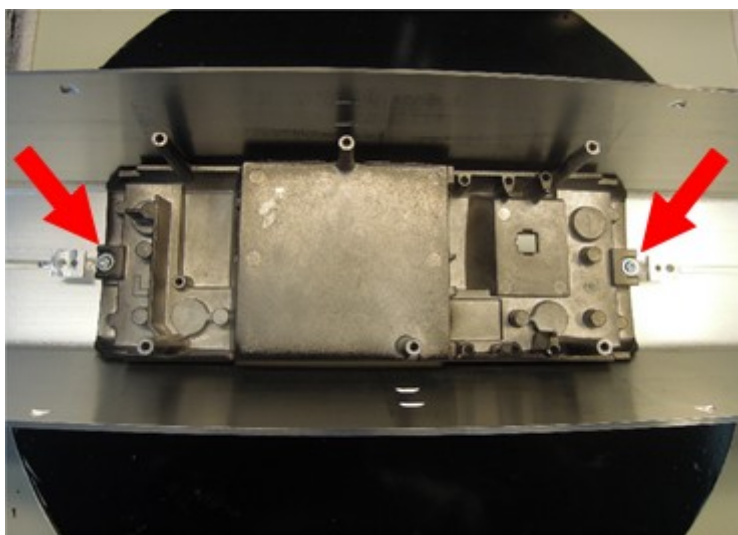
12.1 Šroubování strukturovaného dílu a víčka

Kabinet vložíme do otočného přípravku na pracovním stole.



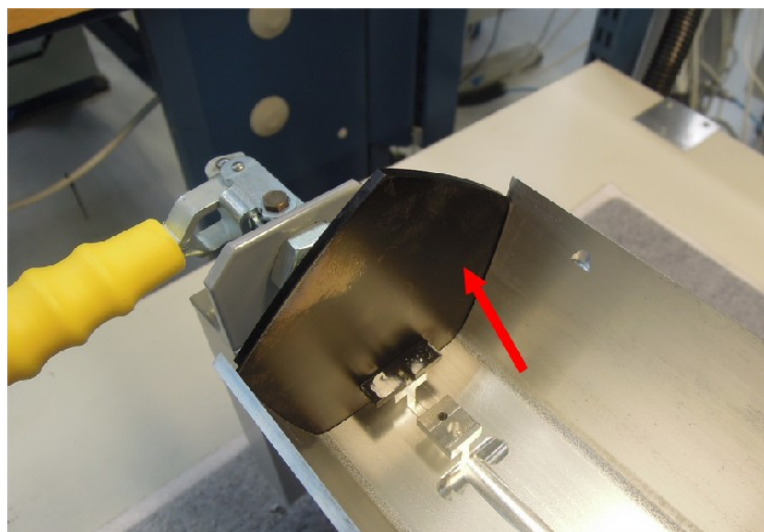
Obrázek 48 – Kabinet vložený do přípravku

Hliníkový strukturovaný díl správně orientovaný vložíme do kabinetu. Následně přišroubujeme dvěma šrouby.



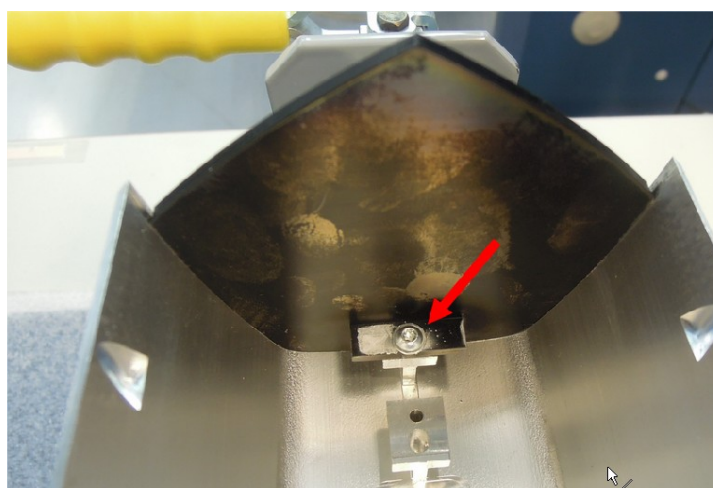
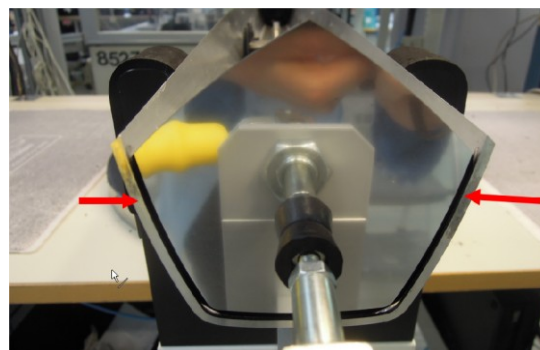
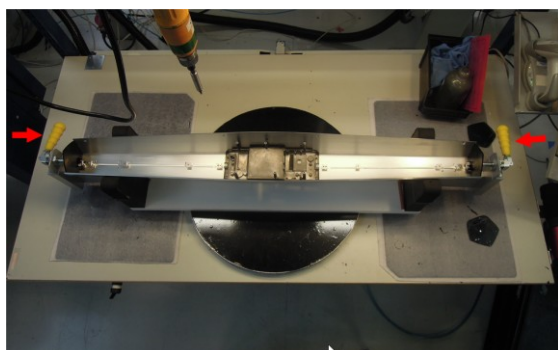
Obrázek 49 – Fixace strukturálního dílu šrouby

Vezmeme dvě víčka a opatrně je vložíme do vyfrézované drážky v kabinetu.



Obrázek 50 - Vložení a upnutí víček

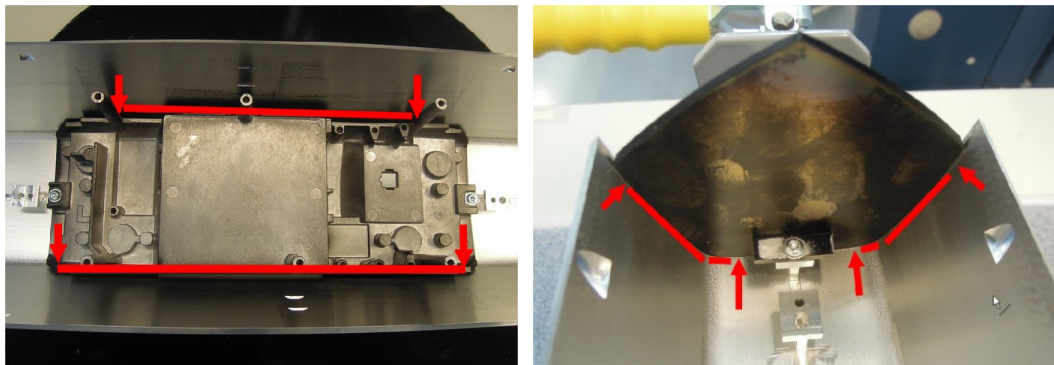
Zajistíme obě víčka upínkami v přípravku z obou stran kabinetu. Zkontrolujeme mezeru mezi víčkem a kabinetem. Tato mezera musí být souměrná. Následně provedeme zašroubování víček.



Obrázek 51 - Fixace víček

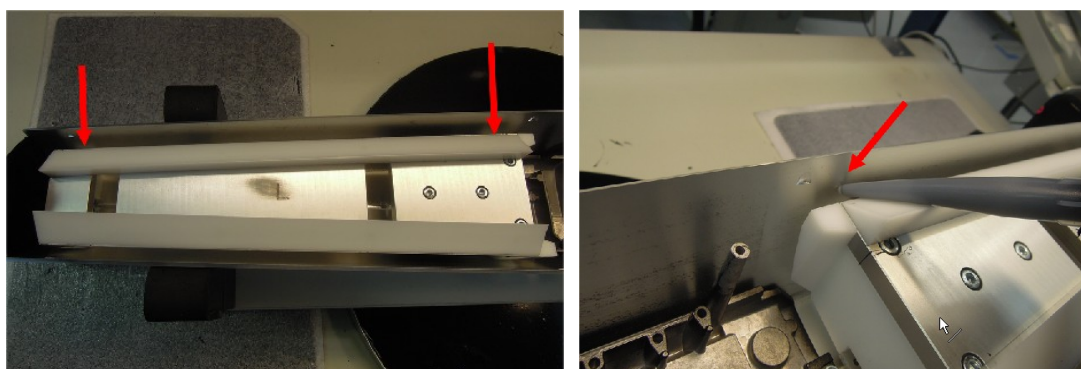
12.2 Lepení víček a konektor panelu.

Lepidlo je připraveno v tubě a je nanášeno aplikační pistolí do vyznačených částí na obrázcích.



Obrázek 52 – Dráha nanášení lepidla

Nyní je třeba vložit levý a pravý přípravek pro vedení jehly při nanášení lepidla. Budeme nanášet souvislou linku lepidla do vyznačených míst podle přípravku.



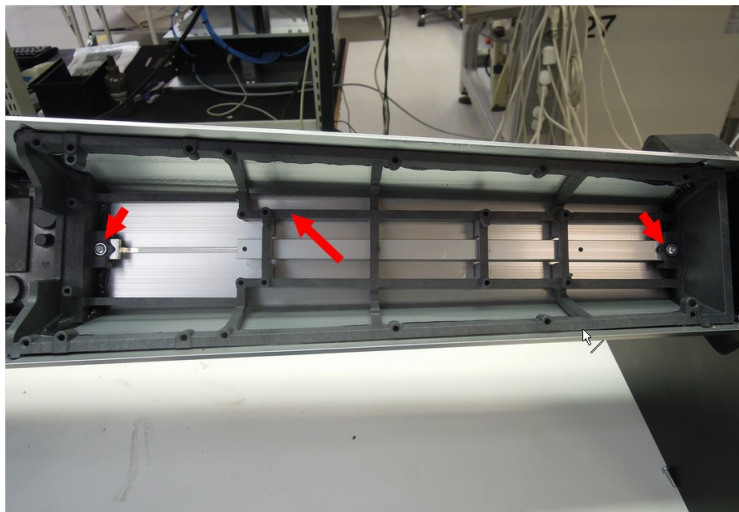
Obrázek 53 – Aplikace přípravku pro nanášení lepidla



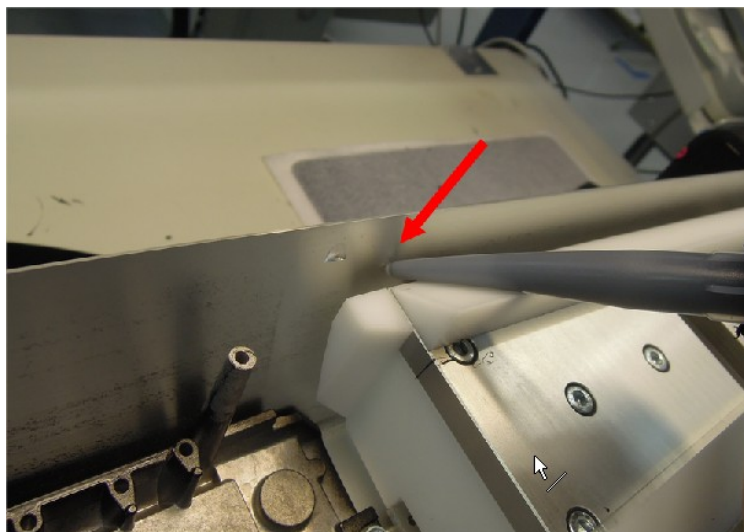
Obrázek 54 – Dráha nanášení lepidla

12.3 Lepení vnitřního plastového šasi

Vezmeme vnitřní šasi a vložíme do kabinetu. Je nesmírně důležité provést vložení do kabinetu kolmo a takovým způsobem, aby nedošlo ke shrnutí nanesené linky lepidla. Provedeme zašroubování šasi dvěma šroubky na každé straně.



Obrázek 55 – Vložení plastového šasi a zašroubování

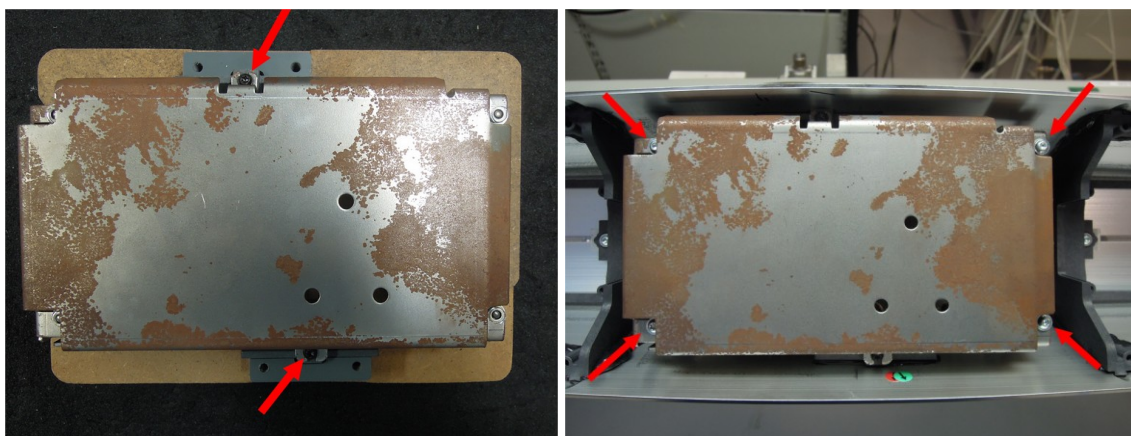


Obrázek 56 – Nanášení lepidla pod plastové šasi

12.4 Lepení plastových držáků

Pro uchycení plastových držáků v kabinetu je třeba použít přípravek. Upravený plechový výlisek vložíme do přípravku a provedeme zašroubování dvou šroubů.

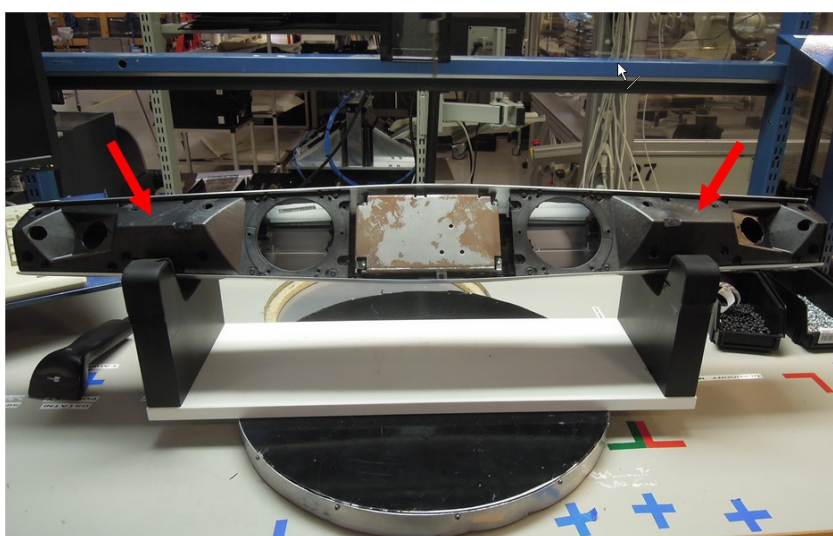
Takto připravenou podsestavu vložíme do kabinetu. Při vkládání budeme dbát na správnou pozici, tak aby nedošlo k poškození nanesené linky lepidla. Následně přišroubujeme podsestavu ke čtyřem komínkům v konektor panelu.



Obrázek 57 – Lepení plastových držáků

12.5 Fixace

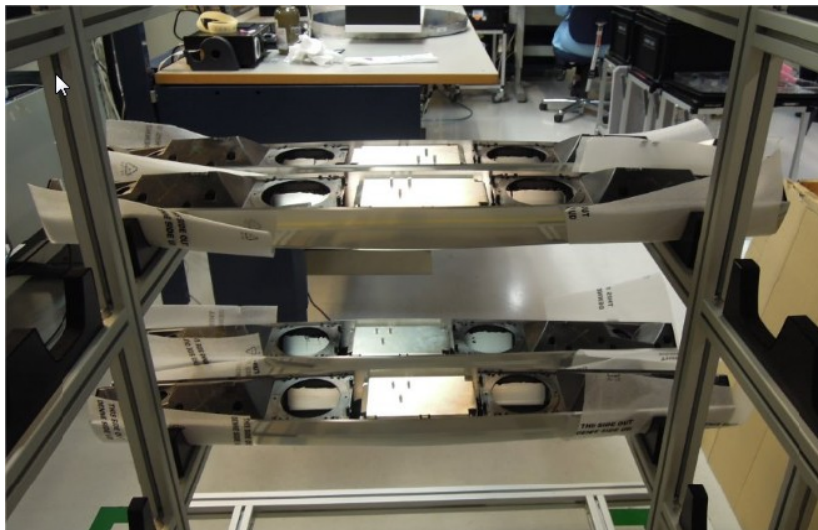
Vzhledem k tomu, že doba vytvrzování lepidla je 48 hodin, použijeme předem upravený kryt a přišroubujeme každý deseti šrouby ke kabinetu. Tato montáž simuluje následný montážní proces. V tomto případě ovšem opravdu jen zafixujeme všechny díly, před samotným vytvrzováním lepidla.



Obrázek 58 – Fixace

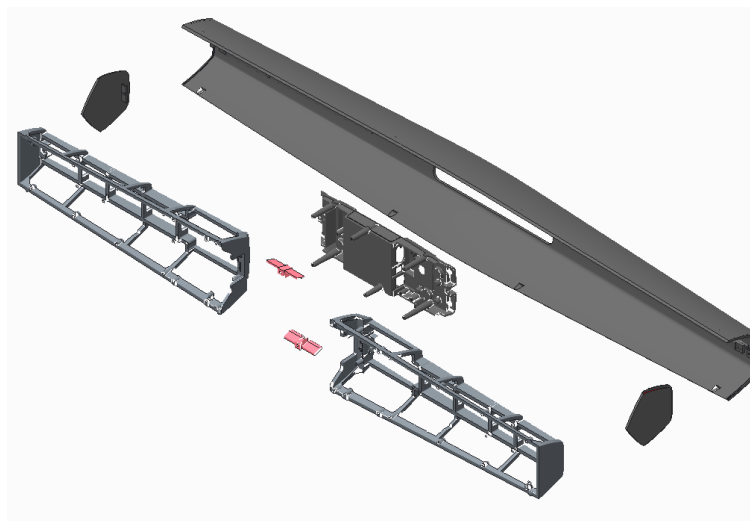
12.6 Vytvrzování lepidla

Nyní je sestava kabinetu připravena na proces vytvrzování lepidla. Kabinet bude vložen do vozičku a mělo by se dbát zvýšené opatrnosti, aby při vkládání do vozičku nedošlo k poškrábání kabinetu. Obě dvě plochy, které dosedají na hřeben vozičku, musí být podloženy pěnovkou. Vytvrzování probíhá 48 hodin.



Obrázek 59 – Uložení kabinetu pro vytvrzování lepidla

13 ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA SESTAVY KABINETU

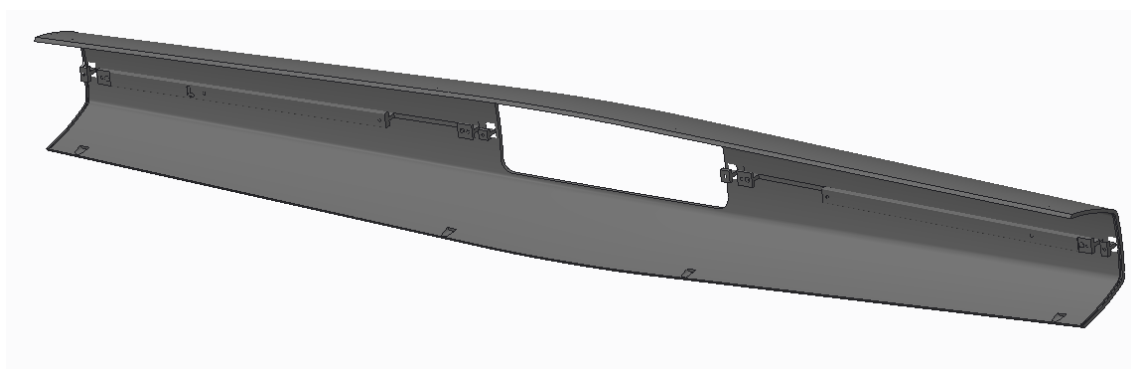


Obrázek 60 – Model rozstřelu sestavy kabinetu

13.1 Popis jednotlivých komponentů

Kabinet

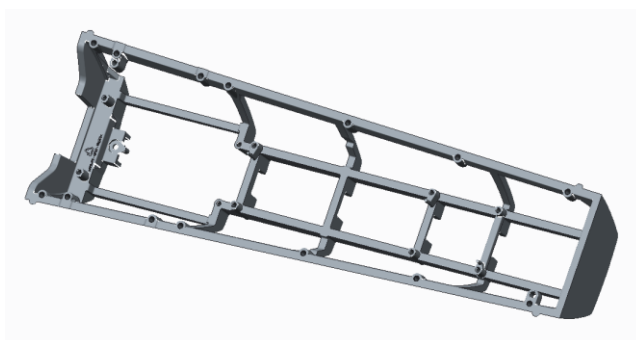
Jako materiál byl zvolen hliníkový extrudovaný profil s vnitřní drážkou ve tvaru T, který je následně lisovaný do požadovaného tvaru. Aby byla zaručena přesná fixace ostatních komponentů do kabinetu a přesně vyfrézovány drážky a otvory potřebné pro ustavení vnitřních částí reproduktoru. Svou hmotností kabinet vyhověl předepsaným parametrům. Tloušťka stěny je 3mm v celém svém průřezu. Z hlediska designu byly splněny všechny požadavky.



Obrázek 61 – Kabinet

Vnitřní plastové šasi

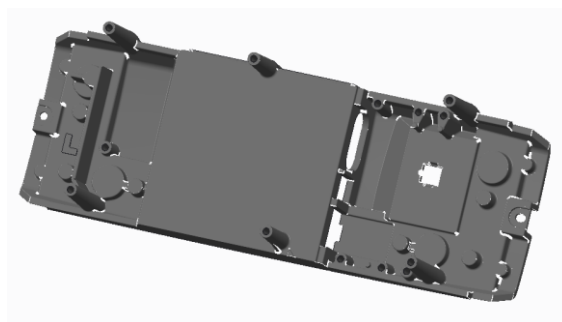
Plastové šasi, které je vyrobeno ve vstřikovací formě, má v kabinetu hned několik funkcí. Slouží jednak jako vyztužující díl celého kabinetu. Dále pak tím, že je vlepený do hliníkového kabinetu, slouží jako vzduchotěsná komora pro středový a výškový reproduktor. Toto šasi je v jednom reproduktoru použito dvakrát, ale je navrženo tak, aby mohlo být jak na levé, tak na pravé straně reproduktoru. Další využití je takové, že je to vlastně kostra, do které je dále možnost přišroubovat další komponenty, jako jsou desky plošných spojů.



Obrázek 62 – Plastové šasi

Strukturální díl

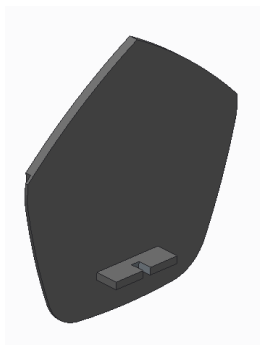
Masivní hliníkový odlitek slouží jako nosný prvek pro spoustu dalších dílů, které jsou nedílnou součástí reproduktoru. Z tohoto dílu jsou vyvedeny jednotlivé konektory a zdroj pro napájení. Dále pak i wi-fi anténa pro příjem bezdrátového signálu. Následně strukturální díl souží k uchycení potřebných desek plošných spojů. Tou hlavní je zdroj, který je přichycen na šesti komíncích.



Obrázek 63 – Strukturální díl

Víčko

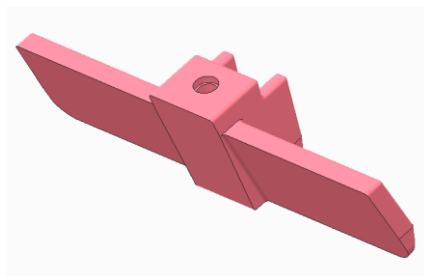
Extrudovaný profil ofrézovaný a následně eloxovaný kvůli lesklému povrchu, slouží jako víčko na koncích reproduktoru. Uzavírá tak dokonalý hliníkový vzhled celého reproduktoru.



Obrázek 64 – Víčko

Plastový držák

Slouží jako přídatný prvek a rozepření kabinetu, vlepuje se na vnitřní hrany kabinetu a tím tuto hranu ještě vyztuží a dále pak slouží jako držák plechovému výlisku, který má primární funkci odstínění zdroje reproduktoru.



Obrázek 65 – Plastový držák

Šroub

Samořezný šroub do hliníku. Jeho primární funkcí v kabinetu je zemnění jednotlivých kovových částí. Sekundární funkcí je fixace dílů v kabinetu.



Obrázek 66 – Samořezný šroub do hliníku

ZÁVĚR

Úkolem diplomové práce byl konstrukční návrh nosného dílu kabinetu a jeho vnitřních částí reproduktoru Beosound 35. V rešeršní části byly popsány konstrukční řešení odlitků a extrudovaných profilů jednotlivých reproduktorů na trhu.

Bylo navrženo výrobní řešení kabinetu z hlediska pevnostního a designového.

Při samotném návrhu bylo rozhodnuto mezi dvěma variantami, které vzešly z metodiky konstruování dle Konstrukční nauky [I]. Začátkem pro řešení bylo vypracování požadavků na reproduktor a kabinet, následovalo určení funkcí a stanovení morfologické matice. Nejlepší varianta byla rozpracována do úplné stavební struktury.

Pro kabinet byla vybrána po sérii analýz varianta extrudovaného profilu, který je následně lisovaného do požadovaného tvaru. Kabinet svými rozměry vyhověl požadavkům. Finální podoba kabinetu byla zajištěna dodatečným frézováním hran a požadovanou povrchovou úpravou hliníku eloxováním. Výpočet byl proveden simulacemi modální a následně pak frekvenční analýzy. Důvodem takového postupu bylo hlavně ověřit tuhost navrhovaných metod výroby nosného dílu kabinetu a jeho konstrukci.

Pomocí softwaru Creo Parametric 2.0 byly vytvořeny 3D modely a výkresová dokumentace, která je součástí příloh.

Na základě uvedených faktů lze v závěru konstatovat, že byly v diplomové práci splněny požadavky dané v zadání.

SEZNAM LITERATURY

Knihy, časopisy a jiné

- [I]. Hubka Vladimír, Konstrukční Nauka, obecný model při konstruování, 2 přepracované a doplněné vydání. Vyd. 1995. 118s. ISBN 80-90 1135-0-8
- [II]. TOMAN, Kamil. *Reproduktory a reprosoustavy - 1. díl*. 2001. vyd. Karviná: Dexon s.r.o., 2001. 205 s.
- [III]. Kuba, F: Pružnost a pevnost, Vysoká škola báňská Ostrava, Ediční středisko VŠB, Ostrava 1990.
- [IV]. SÝKORA, B. Stavíme reproduktorové soustavy, část I - XLVIII. Praktická elektronika ARadio, 10/1997 - 1/2001. Praha: AMARO, 1997-2001.
- [V]. Katalog Bang & Olufsen kolekce 2009
- [VI]. Katalog Bang & Olufsen kolekce 2014
- [VII]. Katalog Bang & Olufsen kolekce 2016
- [VIII]. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. LIENVEBER J. VÁVRA P. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [IX]. Kolesár, M. Odborná pomoc a odhad.

Internetové zdroje

- [1]. Reproduktorová soustava. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-14-01]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Reproduktorov%C3%A1_soustava
- [2]. Bang & Olufsen [online], [cit. leden 2016]. Webové stránky společnosti. Dostupné na WWW: <<http://www.bang-olufsen.com>>
- [3]. Celestion [online], [cit. leden 2016]. Webové stránky společnosti. Dostupné na WWW: <<http://www.celestion.com>>
- [4]. Marten [online], [cit. leden 2016]. Webové stránky společnosti. Dostupné na WWW: <http://www.marten.se>
- [5]. <http://www.repromania.net/teorie/stavba-ozvucnic.php>
- [6]. ArmageTone [online], [cit. prosinec 2015]. Webové stránky společnosti. Dostupné na WWW: <http://www.armagetone.vyrobce.cz>
- [7]. *Begroup: ZNAČENÍ HLINÍKU A JEHO SLITIN* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.begroup.com/cz/BE-Group-Czech-Republic/Produkty/Hlinik-1/znaeni-hliniku-a-jeho-slitin-v-stav/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 – Beolab3500 [2]</i>	13
<i>Obrázek 2 - Překlička [5]</i>	16
<i>Obrázek 3 – M.D.F [5]</i>	16
<i>Obrázek 4 – Armage Tone Concrete Sound B113 [6]</i>	17
<i>Obrázek 5 – Reprodaktor Bang & Olufsen, BeoPlay A9 [2]</i>	17
<i>Obrázek 6 – Kabinet reproduktoru BeoLab 3</i>	18
<i>Obrázek 7 – Kabinet reproduktoru BeoLab 17</i>	19
<i>Obrázek 8 – Kabinet reproduktoru BeoLab 18</i>	20
<i>Obrázek 9 – BeoSound 35 na stojanu [2]</i>	21
<i>Obrázek 10 – BeoSound 35 na nástěnném držáku [2]</i>	21
<i>Obrázek 11 – Transformační proces [I]</i>	22
<i>Obrázek 12 – Černá skříňka [II]</i>	24
<i>Obrázek 13 – Morfologická matice kabinetu [I]</i>	25
<i>Obrázek 14 – Hrubá stavební struktura – Varianta A s rozměry</i>	28
<i>Obrázek 15 – Kabinet varianta A - model</i>	28
<i>Obrázek 16 – Hrubá stavební struktura – Varianta B s rozměry</i>	29
<i>Obrázek 17 – Kabinet varianta B - model</i>	29
<i>Obrázek 18 – Modely kabinetu pro výpočty</i>	30
<i>Obrázek 19 – Vazby kabinetu</i>	31
<i>Obrázek 20 – Jedna čtvrtina kabinetu, zobrazení pevné vazby v místě stojanu</i>	31
<i>Obrázek 21 - Chemické složení hliníku 6063 [VIII]</i>	32
<i>Obrázek 22 – Síť v základním nastavení</i>	33
<i>Obrázek 23 – Upravená síť pro výpočet</i>	33
<i>Obrázek 24 – Vlastní frekvence reproduktoru BL3500</i>	34
<i>Obrázek 25 – Beolab 3500 na frekvenci 164 Hz.</i>	34
<i>Obrázek 26 – Beolab 3500 na frekvenci 484 Hz</i>	35
<i>Obrázek 27 – Beolab 3500 na frekvenci 630 Hz</i>	35
<i>Obrázek 28 – Beolab 3500 na frekvenci 870 Hz</i>	36
<i>Obrázek 29 – Vlastní frekvence odlévaného kabinetu</i>	37
<i>Obrázek 30 – Hliníkový odlitek na frekvenci 268 Hz</i>	37
<i>Obrázek 31 – Hliníkový odlitek na frekvenci 440 Hz</i>	38
<i>Obrázek 32 – Hliníkový odlitek na frekvenci 653 Hz</i>	38
<i>Obrázek 33 – Hliníkový odlitek na frekvenci 786 Hz</i>	39

<i>Obrázek 34 – Vlastní frekvence extrudovaného profilu.....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 35 – Hliníkový extrudovaný profil na frekvenci 254 Hz.....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 36 – Hliníkový extrudovaný profil na frekvenci 300 Hz.....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 37 – Hliníkový extrudovaný profil na frekvenci 388 Hz.....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 38 – Hliníkový extrudovaný profil na frekvenci 549 Hz.....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 39 – Znázornění tlaku na vnitřní stěny jedné čtvrtiny kabinetu</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 40 – Výsledky frekvenční analýzy všech variant</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 41 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 42 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou na frekvenci 267 Hz</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 43 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou na frekvenci 386 Hz</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 44 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou na frekvenci 466 Hz</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 45 – Model extrudovaného kabinetu s výztuhou na frekvenci 628 Hz</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 46 – Porovnání výsledků jednotlivých variant</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 47 – Výrobní kroky kabinetu z extrudovaného profilu</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 48 – Kabinet vložený do přípravku</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 49 – Fixace strukturálního dílu šrouby</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 50 - Vložení a upnutí víček</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 51 - Fixace víček</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 52 – Dráha nanášení lepidla</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 53 – Aplikace přípravku pro nanášení lepidla</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 54 – Dráha nanášení lepidla</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 55 – Vložení plastového šasi a zašroubování</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 56 – Nanášení lepidla pod plastové šasi</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 57 – Lepení plastových držáků</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 58 – Fixace</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 59 – Uložení kabinetu pro vytvrzování lepidla.....</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 60 – Model rozstřelu sestavy kabinetu</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 61 – Kabinet</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 62 – Plastové šasi</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 63 – Strukturální díl</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 64 – Víčko.....</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 65 – Plastový držák</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 66 – Samořezný šroub do hliníku</i>	<i>59</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 – Požadavkový list [1]</i>	23
<i>Tabulka 2 – Varianty kabinetu [1]</i>	26
<i>Tabulka 3 – Zhodnocení vybraných metod [1]</i>	26
<i>Tabulka 4 – Kritéria</i>	27

SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace

Název	Označení	Formát
Sestava kabinetu	PLA159-00	A1
Kabinet	PLA159-01	A1
Plastové šasi	PLA159-02	A1
Strukturální díl	PLA159-03	A1
Víčko	PLA159-04	A3
Plastový držák	PLA159-05	A3